

Treball de Fi de Grau

**Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials**

DISSENY I SIMULACIÓ D'UN SISTEMA DE MOBILITAT ELÈCTRIC URBÀ  
DE TRES RODES, PLEGABLE AMB SISTEMA DE SUSPENSÍO  
INDEPENDENT

**MEMÒRIA**

**Autor:** Marina Forrellad  
**Director:** Juan Manuel Moreno Eguílaz  
**Convocatòria:** Gener 2020



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



# 1. Resum

La memòria del TFG presentada tracta d'introduir una nova forma de desplaçament per a les ciutats a fi de poder promocionar l'ús de vehicles més respectuosos amb el medi ambient, facilitar la mobilitat urbana per a trajectes curts motivant també l'ús a aquells usuaris que no tenen possibilitat de desplaçar-se amb vehicles convencionals.

Partint de la idea original i primers esboços, es realitza un estudi de mercat, per tal de valorar la competència i concloure la viabilitat del projecte. De la mateixa manera es farà un estudi dels usuaris, públic al que va destinat el producte, amb enquestes i anàlisis per a tenir una idea orientativa dels possibles compradors i els beneficis que se'n obtindrien. Tot amb la intenció de determinar el nínxol de mercat, target i possibilitats d'èxit.

Tot seguit, s'analitzen les principals característiques que ha de tenir el vehicle per poder complir amb les especificacions desitjades i es desenvolupa un disseny en 3D combinant les idees inicials de l'esboç primari (veure *Fig. 28. Disseny preliminar amb SketchUp*) amb les peces escollides derivades de les especificacions tècniques o de disseny fixades en els objectius del projecte.

Posteriorment s'explica el muntatge d'aquestes peces i es realitza un estudi de forces d'aquelles que es considerin més crítiques, especialment les que presenten més novetat tècnica o desenvolupades de forma original per mi mateixa.

---

# Sumari

<b>1. Resum.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Glossari .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Prefaci .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Origen I Motivació Del Projecte .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Requeriments Previs.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 Objectius I Abast Del Projecte .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 Briefing.....</b>	<b>9</b>
<b>4.3 Planificació .....</b>	<b>10</b>
<b>5. Estudi De Mercat .....</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Principals Competidors .....</b>	<b>11</b>
<b>5.2 Principal Usuari Comprador (Target).....</b>	<b>13</b>
<b>5.3 Components Principals .....</b>	<b>16</b>
5.3.1 Motor Central .....	16
5.3.2 Bateria.....	17
5.3.3 Suspensió Paral·lelogram-Deformable .....	19
5.3.4 Sistema Elèctric .....	20
5.3.6 Manillar.....	22
5.3.7 Taula.....	23
<b>5.4 Cost Producte I Mecanització .....</b>	<b>24</b>
5.4.1 Cost Productes: .....	24
5.4.2 Cost Muntatge.....	25
<b>5.5 Pressupost .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1 Requisits Principals .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2 Dimensionament Dels Components .....</b>	<b>30</b>
6.1.1 Acceleració .....	30
6.1.2 Abast .....	34
6.1.4 Pendent Màxim.....	37
6.1.5 Distribució De Pesos .....	39
<b>6.3 Disseny Preliminar .....</b>	<b>41</b>
<b>6.4 Disseny 3D.....</b>	<b>42</b>
<b>6.5 Disseny 3D Renderitzat .....</b>	<b>49</b>
<b>7. Anàlisis Per Elements Finites I Simulació (CATIA) .....</b>	<b>50</b>
<b>7.1 Braç-Suspensió .....</b>	<b>51</b>
<b>7.2 Suport-Taula .....</b>	<b>54</b>

<b>8. Anàlisis Ambiental.....</b>	<b>57</b>
<b>10. Conclusions .....</b>	<b>59</b>
<b>11. Agraïments .....</b>	<b>61</b>
<b>12. Bibliografia .....</b>	<b>62</b>

## 2. Glossari

**Paral·lelogram deformable.** Sistema de suspensió en què la unió entre la roda i la carrosseria són elements transversals, col·locats en diferents plans. Pren el seu nom dels primers sistemes d'aquest tipus, en els quals hi ha dos elements superposats paral·lels que, juntament amb la roda i la carrosseria, formen la aproximadament la figura d'un paral·lelogram. Al moure la roda amb relació a la carrosseria, aquest es «deforma».

**ECU [1].** (Electronic control unit), és un dispositiu electrònic normalment connectat a una sèrie de sensors que li proporcionen informació i actuadors que executen les seves ordres. Una centralita electrònica compta amb un software que li permet prendre decisions (operar els actuadors) segons la informació de l'entorn proporcionada pels sensors.

**BLDC.** (BrushLess Direct Current) Es un motor CC sense escombretes, també conegut com un motor commutat electrònicament o Brushless. El rotor no té escombretes i la commutació es realitza de forma electrònica en certes posicions del rotor. Un motor BLDC és un motor síncron d'imat permanent amb forma d'ona de força contraelectromotriu única que li permet comportar-se de manera similar a un motor CC amb escombretes.

**PA66-GF30.** Poliamida 66 reforçada amb un 30% de fibra de vidre. Té excel·lents propietats mecàniques, com una major resistència, rigidesa, resistència a la fluència i estabilitat dimensional.

**IOP [2].** (Institute of Physics Publishing) és l'empresa editorial de l'Institut de Física. Proporciona publicacions a través de les quals es distribueix la investigació científica a tot el món, incloses revistes, llocs web comunitaris, actes de conferències i llibres. L'Institut de Física és una organització benèfica científica dedicada a augmentar la pràctica, la comprensió i l'aplicació de la física. Qualsevol superàvit financer obtingut per l'IOP Publishing es destinarà a la física mitjançant les activitats de l'Institut.

**NEDC [3].** El New European Driving Cycle NEDC és un cicle de conducció que consisteix en quatre cicles de conducció ECE-15 repetits i un cicle de conducció extra-urbà (Extra-Urban driving cycle EUDC). És una prova dissenyada per avaluar objectivament l'impacte mediambiental dels automòbils i el seu consum.

## 3. Prefaci

En aquest apartat es comenta l'origen i la motivació d'haver escollit el tema a desenvolupar. La finalitat d'aquest projecte és promoure un canvi en la mobilitat dels ciutadans per la ciutat per tal d'aportar comoditat al usuari i reduir tot tipus de contaminació contribuint en l'impacte mediambiental. Així doncs, per desenvolupar aquest projecte, han sigut necessaris coneixements d'electrònica, disseny 3D i mecànica.

### 3.1 Origen I Motivació Del Projecte

Després de presentar diverses opcions de treball, la proposta de realitzar un model de patinet elèctric poc comú en el mercat va ajudar a decantar-me per aquesta idea. Durant els darrers anys la integració dels vehicles elèctrics a la societat ha marcat un abans i un després.

Cada vegada són més les persones que es preocupen pel medi ambient, jo soc una d'elles. Sens dubte, l'aparició d'aquests vehicles de bateria suposen una gran solució per aconseguir reduir els nivells de contaminació a l'atmosfera, ja que no desprenen gasos tòxics o contaminants, al contrari del que succeeix amb qualssevol altre vehicle amb motor convencional.

Un dels dubtes previs a l'hora d'escollir el tema del treball, era la opció de realitzar una bicicleta elèctrica, però al fer la valoració comparativa em va motivar molt més la simplicitat i atractiu que presenta un patinet elèctric. Aquests són molt més econòmics, lleugers i manejables, ideals per a desplaçaments urbans diaris sense preocupacions d'embotellament o problemes per estacionar.

Però, en que es diferencia el meu patinet elèctric de la resta de patinets que ja estan al mercat?

Aquesta va ser la meua gran pregunta. Buscant la millora en les prestacions de la oferta actual de patins elèctrics vaig decidir modificar el disseny convencional de dues rodes per un concepte tricycle amb suspensió independent per tal d'aconseguir una major estabilitat i confort. Així doncs, la decisió va ser realitzar un patinet elèctric de tres rodes el qual portés integrat un sistema d'estabilització de la plataforma base del patinet. Això ho aconseguiria amb una suspensió davantera independent, en el meu cas "paralelogram-deformable". Aquesta aportació mecànica permet mantenir la plataforma del patinet plana en tot moment per tal d'evitar que el patinet bolqui o que l'usuari pugui perdre estabilitat al inclinar-se excessivament degut al topament amb algun obstacle o en pendents laterals pronunciades. Això també proporciona una gran comoditat a l'usuari al poder aturar-se sense necessitat de recolzar els peus a terra. I finalment, regala una comoditat extraordinària al conductor gràcies als amortidors dels braços oscilants i el

basculant posterior.

Tots aquests avantatges i requisits que comporta el disseny d'aquest producte, redueixen en gran part el públic al que pot anar destinat aquest. Així doncs, un dels objectius principals del meu projecte es poder arribar a dissenyar un model molt diferent als models exposats al mercat.

### 3.1 Requeriments Previs

El projecte a realitzar requereix d'unes necessitats tècniques, comentades en apartats anteriors, pel que fa necessari tenir uns coneixements previs per al seu bon desenvolupament. En primer lloc, per a la realització del disseny 3D del prototip es requereix de coneixements basics de dimensionament 3D de sòlids. En aquest cas, gràcies a l'assignatura d'expressió gràfica cursada el 2on quadrimestre de grau, es parteix d'uns coneixements bàsics del programa "SolidWorks". Tot i així, el programa que s'utilitzarà per desenvolupar el disseny serà ("Shapr3D" de SIEMENS).

"Shapr3D" es un software de modelatge 3D creat en exclusiva per l'iPad Pro en combinació amb l'Apple Pencil per crear models per a disseny 3D, enginyeria, impressió 3D, i els models poden ser exportats en format SLT, STEP o IGES.

Per altre banda, per realitzar l'anàlisi d'elements finits i simulació d'alguns components del prototip, es necessari tenir coneixements d'us del programa CATIA, resistència de materials i mecànica per poder interpretar els resultats obtinguts. En aquest cas, es tenen coneixements de programes molt similars com ara "ANSYS" o "FLUENT". Això ajudarà a ser mes àgils a l'hora de programar les restriccions i interpretar de resultats.

Per últim, per tal de fer un bon estudi de mercat i pressupost de productes i mecanització, per a la seva posta en escena al mercat, es parteixen de coneixements bàsics de l'assignatura d'Organització i gestió per poder valorar la rendibilitat del producte.

## 4. Introducció

El projecte presentat tracta de dissenyar i simular un patinet elèctric de tres rodes amb sistema de suspensió independent “paral·lelogram-deformable”. Així doncs queda oberta la possibilitat de seguir amb el projecte per un futur treball de fi de màster per poder arribar a presentar un prototip real tenint en compte les condicions de disponibilitat de temps i de coneixements per a la seva realització.

Per aquest motiu els objectius i l'abast del projecte es limiten a dissenyar, simular i fer el seu respectiu estudi de mercat per avaluar si el projecte seria rentable i factible.

### 4.1 Objectius I Abast Del Projecte

La idea principal d'aquest projecte es poder arribar a presentar un prototip d'un patinet elèctric de tres rodes amb sistema de suspensió paral·lelogram-deformable. Tot i així degut a les limitacions de temps i coneixements, com comentem a la introducció, l'objectiu serà presentar el seu disseny i simulació del sistema de suspensió el qual fa diferenciar el producte de la resta de patinets elèctrics. Així mateix, juntament amb el seu respectiu estudi econòmic per avaluar la seva posta en mercat.

Es evident que el producte serà menys econòmic que la resta de patinets que coneixem, degut al sistema de suspensió integrat a les dues rodes davanteres. Tot i així s'ha fixat un objectiu de pressupost d'entre 1000€-1200€ gràcies a una recerca preliminar sobre els components que seran necessaris. Personalment, seria molt gratificant que aquest projecte pogués arribar a dur-se a terme realitzant el prototip proposat i pogués arribar a tenir èxit en el mercat. Així mateix, ajudar a la reducció d'emissió de gasos tòxics, motivar a moltes persones a mobilitzar-se més fàcilment per la ciutat i reduir la taxa de llessions i mortalitat per accidents de trànsit.

Cal destacar que un dels objectius personals es ampliar i aplicar els meus coneixements d'electrònica i mecànica per així poder seguir amb aquest projecte en un possible TFM. Personalment, consideraré com a objectiu el fet d'haver pogut entendre el funcionament d'un patinet elèctric, el seu sistema integrat de suspensió independent, i haver pogut desenvolupar les meves pròpies idees satisfactòriament dins el marc d'aquest treball.

Així doncs, resumint els objectius, els quals m'agradaria arribar a assolir en aquest projecte de forma breu i esquemàtica, serien els següents:

- Realització d'un disseny 3D del patinet juntament amb el seu plànol amb programa Shapr3D.



- Simulació de la suspensió independent “paral·lel-deformable” amb programa CATIA V5 o ANSYS.
- Integració de motor central en la roda del darrere.
- Integració de sistema de il·luminació.
- Aprenentatge de la connexió dels seus components per a la seva deguda instal·lació.
- Estudi econòmic de tots els components del producte amb objectiu d'assolir un preu aproximat entre 1000-1200€.
- Estudi de potència, velocitat màxima, autonomia, acceleració, abast i capacitat de carrega amb programa CATIA V5 o ANSYS.

## 4.2 Briefing

Per tal de començar el projecte cal esquematitzar prèviament les parts, components i requeriments necessaris del patinet desitjat. L'objectiu es que el patinet estigui format per:

- 3 rodes. Dues rodes davanteres i una al darrere.
- Suspensió independent “paral·lelogram-deformable” a les rodes davanteres.
- Suspensió a la roda del darrere.
- Motor central situat a la roda del darrere amb tracció.
- Manillar plegable i regulable a diversos angles.
- Bateria recarregable.
- Plataforma de fusta tipus “skate”.
- Frens de disc a les rodes davanteres.
- Rodes amb pneumàtic inflable i de diàmetre  $\geq 200\text{mm}$ .
- Potenciòmetre de ma tipus “gallet”.
- Sistema d'il·luminació tant a la part de davant com a la part de darrere.
- Pes màxim de 30kg.
- Absència de seient.
- Preu desitjat 1000€-1200€.

### 4.3 Planificació

El projecte es divideix en diverses parts que cal planificar per tal de poder complir amb els objectius definits en els apartats anteriors. Amb l'ajuda del "Briefing" podrem definir més fàcilment les etapes del treball.

Primerament, després d'haver marcat uns objectius, es realitzarà un estudi de mercat on apareguin els diferents models de patinet actualment disponibles, juntament amb les seves característiques mecàniques, elèctriques i econòmiques, per tal de tenir una idea, a grans trets, de la competència existent. Tot seguit, caldrà definir a quin usuari va destinat el producte (principal usuari comprador) i quins materials comercials seran necessaris utilitzar per al seu bon funcionament justificant de forma gràfica i matemàtica la seva elecció. També, es definiran les diferents parts del patinet, la seva composició, característiques, material i cost de mecanització.

Un cop realitzat l'estudi de mercat, s'exposarà un disseny preliminar (un esbós) del patinet on es pugui observar amb claredat la idea principal d'aquest model juntament amb les seves vistes o plànols (alçat, planta i perfil) per poder passar posteriorment a fer el disseny 3D amb el programa "Shapr3D". En aquest apartat, també, s'haurà de fer el dimensionament dels diferents components del vehicle un cop realitzat l'estudi gràfic comentat en l'apartat anterior.

A partir del disseny 3D i l'elecció dels materials i components, es realitzarà la simulació, l'estudi d'elements finits, de la suspensió paral·lelogram-deformable situada a les rodes davanteres amb el programa "CATIA V5" per tal d'avaluar, com a element finit, el comportament d'aquest cos davant un esforç, com podria ser aguantar el pes del propi usuari o topar contra un obstacle. En aquest mateix apartat s'explicarà la connexió electrònica de les diferents parts i elements del vehicle elèctric.

Per acabar, es comprovarà si s'han complert els objectius proposats per a un resultat satisfactori del projecte exposant els problemes que han aparegut durant el transcurs del projecte així com les millores que s'han pogut aportar. També, es comentarà la viabilitat de llençar el producte al mercat després d'exposar el pressupost final del producte juntament amb el seu anàlisi mediambiental.

## 5. Estudi De Mercat

Aquest apartat té com a finalitat tenir una idea aproximada del tipus de patinet que actualment està al mercat. Tant el tipus de patinet “convencional”, de dos rodes, com el tipus de patinet que s’aproximaria més al model desitjat, amb un disseny més elaborat i amb una gran diferència de prestacions. Així mateix, després d’aquest estudi es farà una comparativa del model de patinet desenvolupat en aquest treball per poder diferenciar-lo de la resta.

Seguidament es presenten diferents models juntament amb les seves característiques (potència, velocitat màxima, capacitat de càrrega, preu i autonomia):

### 5.1 Principals Competidors

#### 1. Xiaomi Mi Electric Scooter

Potència : 500 W

Velocitat màxima: 25 km/h

Capacitat de càrrega: 100 kg

Preu: 390€

Autonomia: 30 km



#### 2. Cecotec Outsider E-volution

Potència : 700 W

Velocitat màxima: 25 km/h

Capacitat de càrrega: 100 kg

Preu: 300€

Autonomia: 25 km



### 3. Fitfiu surfing black

Potència : 1000 W

Velocitat màxima: 25 km/h

Capacitat de càrrega: 120 kg

Preu: 1200€

Autonomia: 30 km



### 4. Itango 3 wheels

Potència : 1200 W

Velocitat màxima: 45 km/h

Capacitat de càrrega: 180 kg

Preu: 3000€

Autonomia: 70 km



### 5. Drei 450

Potència : 450 W

Velocitat màxima: 25 km/h

Capacitat de càrrega: 120 kg

Preu: 700€

Autonomia: 100 km



## 6. X2City BM

Potència : 408 Wh

Velocitat màxima: 25 km/h

Capacitat de càrrega: 120 kg

Preu: 2400€

Autonomia: 35 km



MARCA	POTÈNCIA	VEL.MÀX	CAPACITAT CÀRREGA	AUTONOMI A	PREU
XIAOMI	500W	25km/h	100kg	30km	390 €
CECOTEC OUTSIDER	700W	25km/h	100kg	25km	300 €
FITFIU SURFING	1000W	25km/h	120kg	30km	1200 €
ITANGO	1200W	45km/h	180kg	70km	3000 €
DREI 450	450W	25km/h	120kg	100km	700 €
X2CITY BMW	408Wh	25km/h	120kg	35km	2400 €

Fig.1. Taula comparativa dels diferents patinets elèctrics del mercat. Font [4, 5, 6, 7, 8, 9].

## 5.2 Principal Usuari Comprador (Target)

Després d'un previ estudi de mercat i un briefing en el qual es reflexa els diferents components o característiques desitjats per al model a realitzar, es podria deduir a quin públic estaria destinat aquest producte.

El model es veu clarament diferenciat de la resta de patinets que estan actualment al mercat. Algunes de les característiques que fan que aquest destaquï en front a la resta són:

- **CONFORT:** la suspensió davantera paral·lelogram-deformable juntament amb una suspensió amb basculant a la roda de darrera, fan que la plataforma es mantingui estable en tot moment i que l'usuari pugui superar obstacles amb més facilitat reduint la possibilitat de bolcament.
- **SEGURETAT:** convertint el patinet convencional (de dos rodes) en tricicle, s'assegura que l'usuari disfruti una major estabilitat i per tant seguretat en la conducció.
- **COMODITAT:** aquesta característica diferencial de dues rodes davanteres, fa que l'usuari tingui major comoditat fent referencia a l'equilibri i reduint l'esforç que aquest ha de fer tant en la conducció com en la parada, en que s'evita que aquest es vegi obligat tocar de peus a terra. També, cal destacar que, el manillar del nostre model es plegable i regulable en diversos angles depenent de les preferències de l'usuari.
- **FACILITAT:** fent referencia al manillar, el fet que sigui regulable i plegable facilita el seu transport, d'aquesta manera un cop plegat es podria arrossegar agafant el manillar pel mànec i deixant que les dues rodes davanteres facilitin el seu desplaçament. També, el model es desmuntable. A través d'una clau Allen es poden separar les diferents peces per tal de poder transportar el producte a l'hora de fer la seva compra o per facilitar l'emmagatzematge. A tot això, aquest patinet es un model de fàcil us, que s'adapta al usuari, sense necessitat d'utilització d'un manual d'instruccions, resultant ser molt intuïtiu.
- **BAIX MANTENIMENT:** no hi ha transmissió, el motor elèctric està integrat a la roda del darrera evitant així l'existència de cadenes de transmissió i corretges les quals necessitarien un manteniment continu i podrien causar danys a l'usuari durant la conducció.
- **EXCLUSIVITAT:** els materials utilitzats per a construir el model del patinet son singulars, amb una gran capacitat de càrrega, molt poc pesats i amb un molt bon acabat com ara la utilització de fibra de carboni per las braços de suspensió paral·lelogram-deformable de les rodes davanteres. També per a la base o plataforma s'utilitzarà un material de fusta molt lleuger, tipus "skate", fent que el disseny sigui molt mes atractiu a fi de connectar amb la societat jove i amb les persones habituades a aquets tipus d'esport.

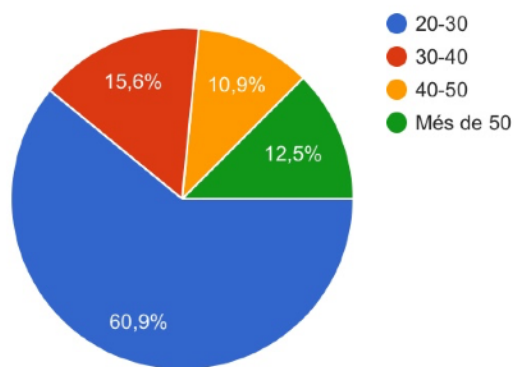
Un cop exposades les característiques del model, es podria deduir a quin públic pot anar destinat el producte. Degut a les seves prestacions tècniques i els acabats dels materials, el públic ideal per a la venda d'aquest producte serien executius, persones de mitjana edat amb un nivell adquisitiu alt.

Aquest tipus de públic valora molt més les prestacions comentades, deixant de banda o deixant de prioritzar el cost econòmic que pot suposar la seva compra. Aquest públic objectiu es caracteritza per buscar un article exclusiu i de bona qualitat que es pugui diferenciar del producte Standard "xinès".

Tot i així, s'ha realitzat una enquesta, amb dues preguntes, dirigida a usuaris amb registres molt diversos per descobrir a quin públic pot causar més atractiu aquest producte i si pot arribar a ser viable realitzar aquest projecte. L'enquesta s'ha realitzat amb el programa de Formularis Google (Font [10]) i s'ha enviat online a 64 usuaris diferents. Els resultats que s'han obtingut de les dues preguntes plantejades són els següents:

### Quina edat tens?

64 respuestas



### Estaries disposat a pagar 1200€ per un patinet elèctric?

64 respuestas

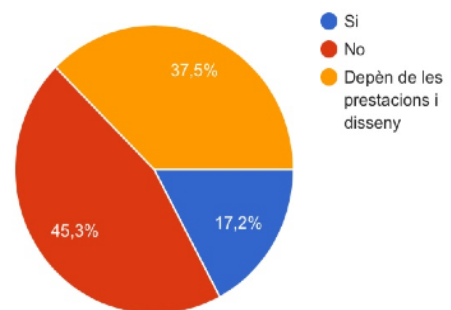


Fig. 2. Enquesta realitzada amb "Formularis Google"[10].

D'aquesta petita enquesta es pot destacar que un 45,3% dels usuaris no estarien disposats a pagar 1200€ per un patinet elèctric, independentment de les seves prestacions i disseny. Aquest es un % molt elevat i per tant s'hauria de tenir en compte el fet de reconsiderar la reducció del preu del producte. Tot i així, un 54,7% dels usuaris estarien disposats a pagar aquest preu, fet que ajuda en la decisió de seguir endavant amb aquesta proposta de disseny.

Cal destacar que al finalitzar el projecte es realitzarà una altra enquesta amb preguntes mes elaborades i concretes per comprovar que el resultat obtingut a sigut satisfactori i si el model podria arribar a triomfar.

## 5.3 Components Principals

### 5.3.1 Motor Central

El patinet es caracteritza per tenir el motor elèctric integrat a la roda del darrera per tal d'evitar l'existència de cadenes de transmissió. Al mercat podem diferenciar entre dos tipus de motor: Brushless i Brushed (*Font [11]*).

- Motor Brushed (amb escombretes): En aquests motors de corrent continu (DC), es genera un camp electromagnètic que crea una atracció al costat oposat del rotor provocant que les escombretes canviïn la polaritat i així de nou es crea aquesta atracció a l'altre costat oposat del rotor que genera aquest moviment continu. Les escombretes estan connectades a un col·lector i tenen el corrent elèctric suficient per generar aquest canvi de polaritat. Però, aquestes escombretes solen desgastar-se amb el pas del temps pel fregament i escalfament del motor que fan que tingui una vida útil menor.
- Motor Brushless (sense escombretes): aquests motors són més complexos, tot i que no posseeixen escombretes, que és la part mecànica que assegura la commutació, aquesta utilitza una electrònica mitjançant un controlador o variador electrònic. Aquests destaquen particularment per les seves excel·lents característiques de parell motor, altes prestacions, rang de velocitats molt ampli i llarga vida útil. Alguns dels seus avantatges son:
  - Llarga vida útil
  - Bona dissipació de calor
  - Altes velocitats
  - Eficiència molt elevada

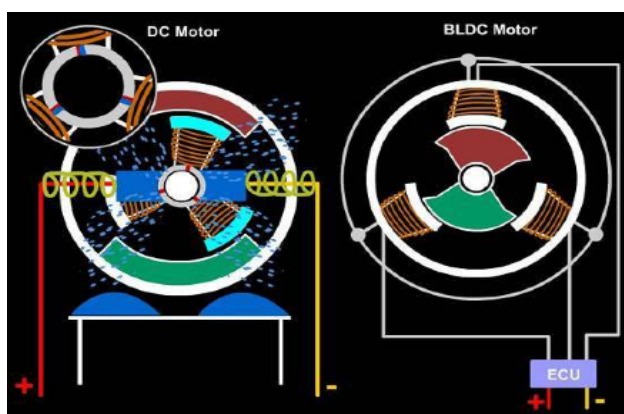


Fig. 3. Imatge comparativa entre motor Brushless i Brushed Font [12].



El motor que es vol utilitzar per al prototip serà un motor Brushless sense escombretes, degut a les seves prestacions front a les del motor Brushed. Aquests tipus de motor necessiten d'una unitat de control que sigui capaç de regular-lo anomenada ECU.

ECU es una unitat de control electrònica composta per sensors i actuadors, es la que els sensors informen a la unitat central i envien les ordres necessàries als actuadors per transformar les senyals elèctriques rebudes en magnituds mecàniques.

### 5.3.2 Bateria

A dia d'avui les bateries més comunes que es poden trobar en el mercat son les bateries de liti i les bateries de gel. Així doncs, cal comparar-les prèviament per poder decantar-se a utilitzar una o l'altre. Després d'una prèvia recerca s'ha escollit la bateria de liti per les següents raons:

- Es molt mes lleugera que la bateria de gel.
- Disposa 1000 cicles de vida (de càrrega) mentre que les bateries de gel disposen de 300-500 cicles.
- Suporta càrregues parcials contràriament a la bateria de gel.
- El temps de vida d'una bateria de gel es de dos anys mentre que el temps de vida de la bateria de liti es de 5 anys.
- Tot i així les bateries de gel solen ser molt més econòmiques. Fet que no es de gran importància degut al públic al que va destinat el producte.

Un cop decidit quin tipus de bateria es podria utilitzar per al disseny del prototip, es procedeix a analitzar el voltatge i amperatge que caldrà utilitzar per tal que el vehicle pugui circular amb les millor condicions possibles. Els voltatges mes comuns per l'ús de patinets elèctrics son de 24V, 36V i 48V que es presenten seguidament (*Fig. 3, 4, 5 ; Fonts [13],[14],[15]*):



### 1. Liitokala 24V10Ah

- Tensió nominal: 24 V / 10Ah
- Vida útil: 1000 ciclos
- Pes: 1,3kg
- Preu: 54€
- Corrent nominal: 15A
- Dimensions: 257x67x38 (mm)



### 2. Lio-36V

- Tensió nominal: 36 V / 10Ah
- Vida útil: 500 ciclos
- Pes: 2,5kg
- Preu: 120€
- Corrent nominal: 15A
- Dimensions: 380x80x50 (mm)



### 3. Samsung-48V

- Tensió nominal: 48 V /13Ah
- Vida útil: 800 ciclos
- Pes: 3,5kg
- Preu: 190€
- Corrent nominal: 30A
- Dimensions: 412x122x39 (mm)

Per decidir quin voltatge cal utilitzar pel nostre patinet, cal dimensionar prèviament:

- Velocitat màxima
- Acceleració
- Dimensions
- Abast

Un cop dimensionat el prototip es decidirà quina bateria cal utilitzar per tenir un bon funcionament, cas que s'estudiarà en apartats posteriors.

### 5.3.3 Suspensió Paral·lelogram-Deformable

Les primeres suspensions que es van crear estaven formades per un eix rígid que com a conseqüència, tot el moviment que afectava a una roda es transmetia a l'altra situada en el mateix eix. Com l'eix va fixat directament al bastidor, la inclinació la rep tot el vehicle. Aquest muntatge es molt resistent i econòmic però es menys segur i molt poc còmode pels usuaris. Així doncs, apareix el sistema de suspensió "independent" que té un muntatge elàstic independent que no uneix les dues rodes entre si i per tant el moviment d'una roda no es transmet a l'altra.

Les suspensions mecàniques es poden classificar de diverses formes:

- Suspensió rígida: La suspensió de una roda va unida a l'altra. Es transmeten les vibracions de una roda a l'altra.
- Suspensió semirígida: Similars a les suspensions rígides però menys pesades.
- Suspensió independent: Les rodes tenen una suspensió independent per cada una d'elles per tant no es transmeten oscil·lacions entre elles.

En el cas del prototip dissenyat, s'utilitzarà una suspensió independent anomenada "suspensió paral·lelogram-deformable" per a les rodes davanteres.

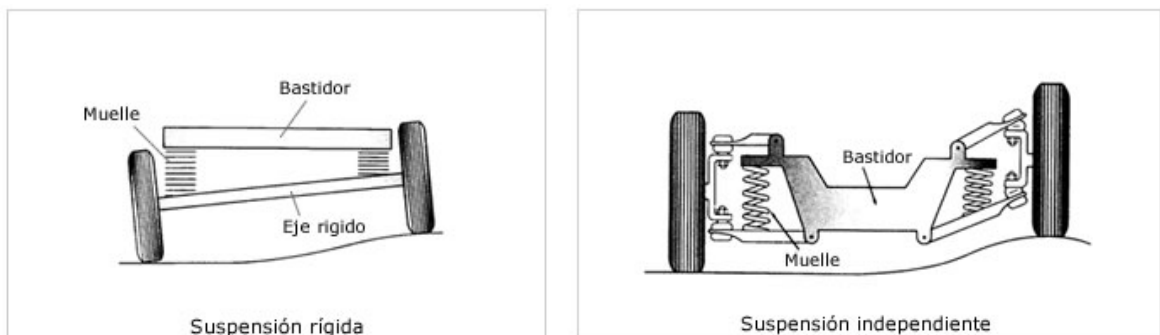


Fig. 6. Suspensió rígida i suspensió independent. Font [16].

Aquesta suspensió es la més utilitzada en el món del automòbil, especialment en les rodes davanteres. Esta formada per dos braços (inferior i superior) units al xassís i a la roda, de manera que queden posicionats paral·lelament l'un amb l'altre. Aquests, estan articulats mitjançant una ròtula esfèrica que permet la orientació de la roda. L'esmorteïdor hidràulic està unit per pel braç i el bastidor.

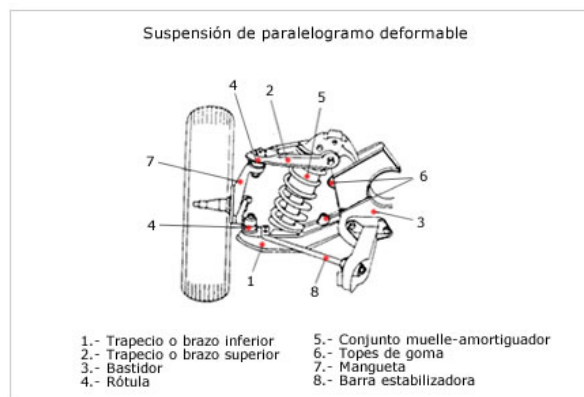


Fig. 7. Esquema de la suspensió paral·lelogram-deformable. Font [16].

### 5.3.4 Sistema Elèctric

El model dissenyat es un vehicle destinat a mobilitat urbana, pel que fa necessari la integració d'un sistema d'il·luminació per tal que l'usuari pugui circular de forma segura (ser vist pels altres vehicles o vianants) i còmode (podent circular amb millor visibilitat). Com tot vehicle urbà, el patinet estarà format per una llum blanca davantera i una llum vermella a la part del darrere que s'encendrà al utilitzar el fre de les rodes de davanteres.

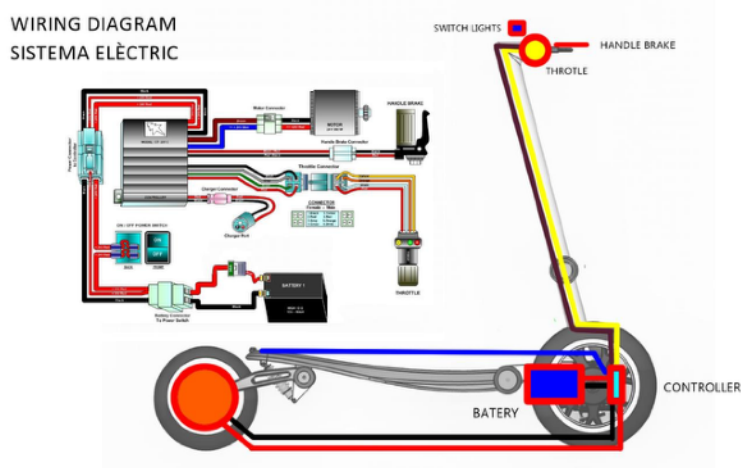


Fig. 8. Fotografia connexions prototip. Font Pròpia.

Es pot observar a la Fig. 8. les connexions elèctriques del patinet. Per començar, es dona contacte (ON/OFF) a través d'una clau la qual dona pas al funcionament elèctric. A la zona superior trobem el botó que permet encendre i apagar les llums davanteres ("SWITCH LIGHTS"), connectat directament a la bateria i que passa prèviament pel controlador "ECU" per tal de poder controlar el corrent que ha de passa. Trobem que la maneta del fre també va connectada a la bateria, tot passant prèviament pel controlador i seguidament a la llum situada d'amunt la roda de darrera. Finalment, a través del "THROTTLE" es controla la velocitat que es vol assolir, que acaba connectada al motor Brushless integrat a la roda del darrera.

### 5.3.5 Sistema De Fre

Per tal de garantir la seguretat de l'usuari s'ha decidit utilitzar el sistema de fre de disc per les rodes davanteres i el sistema de fre de tambor per a la roda del darrera a través de cablejat mecànic. S'utilitzen els frens de disc a les rodes davanteres ja que l'acció de frenada es més energètica i per tant s'obté un menor temps de frenada i menor distancia de parada. Això, és degut a que els elements de fricció estan en contacte amb l'aire, que facilita la seva refrigeració, absorció d'energia i la ràpida transformació del calor.

El fre de disc està format per un disc solidari a l'eix de la roda. En el disc es col·loca una mordassa, on a l'interior es troben els cilindres per on es desplacen els pistons que van units a unes pastilles les quals, a pressió, forcen el fregament amb aquest disc, per tal d'aturar el seu moviment junt amb el de la roda.

El sistema de mordassa o de pinça de fre utilitzat serà de mordassa fixa. Aquesta mordassa va subjecta de manera que roman fixa en la frenada. L'acció de frenat es realitza per mitjà de dos o quatre pistons de doble acció, desplaçables i que s'ajusten a cada una de les cares del disc.

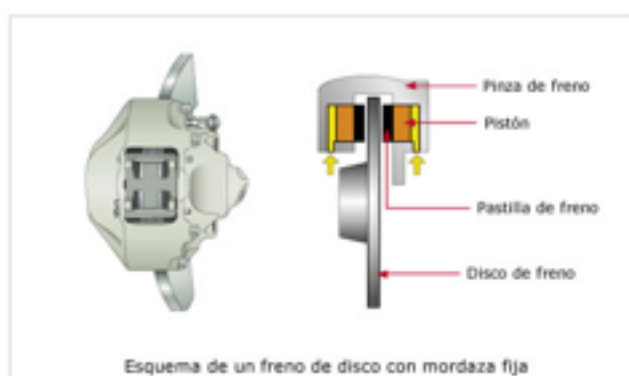


Fig. 9. Sistema fre de disc de mordassa fixa. Font [17].

En el “Kit motor Brushless ve integrat un sistema de fre tambor. Aquest sistema de fre esta constituït per un tambor solidari a l'eix de la roda i un plat de fre on es troben dos xapes d'acer en forma de mitja lluna recobertes de “ferodos” per la seva part exterior, encarregats d'efectuar el fre per fricció quan aquests sotmeten la pressió suficient contra les parets del tambor.

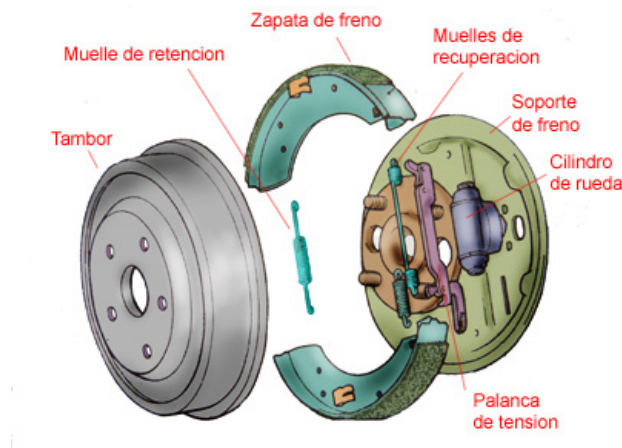


Fig. 10. Sistema fre de tambor Font [17].

### 5.3.6 Manillar

Un dels objectius principals del projecte es poder facilitar a l'usuari el transport i emmagatzematge del patinet. Per tal de poder satisfer aquestes necessitats, el manillar serà:

- **PLEGABLE:** A través d'una articulació situada a l'extrem de la taula on l'usuari col·locarà els peus, podrà plegar-se el patinet de manera que es pugui reduir el seu volum el màxim possible per al seu fàcil emmagatzematge i per tal de poder-lo arrossegar per facilitar el seu transport.
- **REGULABLE:** A través d'una articulació situada al centre del manillar es podrà regular en diversos angles la seva posició per aportar una conducció més còmode a l'usuari depenent de la seva estatura o preferència.

### 5.3.7 Taula

Un altre objectiu del projecte es diferenciar el producte de la resta de productes que ja estan al mercat amb un disseny singular que pugui cridar l'atenció al usuari comprador, públic al que va destinat. Per tant, es decideix fer un suport, on l'usuari col·locarà els peus, amb un disseny modern i innovador fent que tingui certa similitud amb una taula d'skate.

Les taules d'skate estan formades per 7 làmines de fusta d'auró enganxades entre elles fins formar el propi espessor de la taula. Aquest tipus de fusta es molt resistent i d'elevada duresa. Gràcies a aquestes característiques i al seu pes reduït, podem aconseguir que el patinet sigui molt més lleuger i a la vegada tenir unes bones propietats del material.

Cal destacar que aquestes làmines de fusta tenen una superfície llisa i caldria tapar-la amb paper de vidre per augmentar el coeficient de fricció i proporcionar una major adherència entre el calçat de l'usuari i la taula.



*Fig. 11. Taula skate fusta d'Auró. Font [18]*

## 5.4 Cost Producte I Mecanització

### 5.4.1 Cost Productes:

Parts	Preu	Especificació	Dimensions	Proveïdor	Pes
Conjunt Manillar	2,68 €	Al 6063 T6	870xØ50xEp2,5	ALU-STOCK	2,018Kg
Kit Motor	77 €	Motor Brushless YQ-9.5 48V	112xØ241	JIANGSU	5,7Kg
Frens disc	0,527 €	Acer INOX AISI 420	Ø70x2	ACEROS LLOBREGAT	0,22Kg
Taula	12 €	7 làmines de fusta d'auró	615xXx57	R. AGULLÓ S.A.	2,31Kg
Bateria	190 €	Liti 48V / 13Ah	412x122x39	SAMSUNG	3,5Kg
Esmorteïdors	26 €	Molla acer amb hidràulic	COMERCIAL	RAYCOOL	2,06Kg
Il·luminació	9 €	LED Ry-21	COMERCIAL	RAYCOOL	0,023Kg
Llantes	0,527 €	Al mecanitzat 6082 T6 / Fosa AISi7Mg0.3	Ø240x77	ALU-STOCK	3,9Kg
Pneumàtics	28 €	CITY GRIP 120/70 (Cautxú)	120xØ305	MICHELIN	1,372Kg
Manetes frens	12 €	MSC-1025	COMERCIAL	MASSCITY	0,52Kg
Punys	4 €	711NR (Goma)	COMERCIAL	MOTOBIKECAR	0,57Kg
Botó ajust	1,4 €	Poliamida 66	20xØ60mm	ENSINGER	0,005Kg
Engranatge ajust	6 €	NYLON (poliamida 6 + 30% GF)	12xØ20mm (COMERCIAL)	ENSINGER	0,008Kg
ECU	25 €	Aliatge alumini	147x84x44	HUAIRDUM	0,56Kg
Xassís suport suspensió	76 €	Al mecanitzat 2024 T351	247x122x70	SCA	2,13Kg
Braços suspensió	72 €	Fibra carboni	10x99x103	BUEFA	0,9Kg
Eixos varis, lleves, varetes	10 €	Acer INOX 316	-	ALU-STOCK	0,03Kg
Braços basculants	26,28 €	Al mecanitzat 2024 T351	290x90x30	SCA	2,52Kg
Parafang	1,12 €	Polipropilè	Placa 200x200 (COMERCIAL)	LUMETAL PLASTIC	0,011Kg
Altres materials comercials	5 €	Cargols, volanderes, etc	-	Herramientas PISA	-
<b>TOTAL</b>	<b>395,12€</b>	-	-	-	<b>28,36Kg</b>

Fig. 12. Taula de preu, especificació, dimensió, proveïdor i pes dels diferents materials. Font [19,20,21,22,23,24].



Per a obtenir un cost real del patinet s'ha desglossat, en una taula Fig. 12., les diferents parts que formen el vehicle, especificant les seves dimensions, material, preu, proveïdor i pes. Gràcies a l'empresa en la que he estat treballant de pràctiques ("Gutmar S.A.") he pogut obtenir el preu real dels diferents materials dels proveïdors amb els que treballa l'empresa. Les ofertes de material de cada proveïdor corresponen a l'annex 1 i 2. També, un cop realitzada la columna de pesos, es podrà aproximar el pes del patinet que en aquest cas és de 30Kg, aplicant un marge de seguretat del 15% per a cada peça.

Per poder completar aquesta taula, s'ha de tenir en compte la diferencia de demanda entre el moment en que el producte es llençat al mercat i la demanda a llarg termini. Aquesta sol augmentar exponencialment al llarg del temps i, de la mateixa manera, la producció d'aquests patinets es veurà afectada. Així doncs, s'hauran de fabricar mes o menys patinets en funció de la demanda. Això es important tenir-ho en compte en algunes de les parts desglossades en la taula com ara:

- Les llantes: En aquest cas s'ha partit d'una placa d'alumini que posteriorment es mecanitza i s'arranca l'encenall per acabar tenint les dimensions i forma desitjades. Suposant que es fabricarien entre 100-200 unitat l'any seria una bona hipòtesis mecanitzar les peces d'aquesta manera. Pel contrari, si s'arribés a fabricar en series a gran escala es perdrien grans quantitats de material al arrancar l'encenall. Així doncs, seria necessari comprar un motlle que ens permetés realitzar aquestes formes tant complexes per fosa d'alumini. Això requereix una gran inversió inicial però a llarg termini resultaria ser molt mes econòmic i pràctic per l'empresa.
- Xassís-suport-suspensió: El cas d'aquesta peça es molt similar al de les llantes que s'acaba de comentar. Es desaprofita molt material perquè es parteix d'una placa d'alumini de grans dimensions, la qual se l'ha d'arrancar molt material per arribar a obtenir la geometria desitjada. Al haver tant material sobrant, seria aconsellable, en un futur, canviar el mètode de mecanització partint de tres plaques d'alumini que posteriorment s'unificarien amb soldadura.
- Altres: És de gran importància la mida de lot de peces a l'hora de subcontractar tractaments superficials, comprar material, etc. El preu dels lots de grans quantitats de peces, sempre seran mes econòmics i mes favorables per l'empresa en comparació amb els lots de petites quantitats.

#### 5.4.2 Cost Muntatge

Així mateix, per comptabilitzar el muntatge del prototip, he comptat amb l'ajut de l'equip del departament de compres i qualitat de l'empresa Gutmar S.A. Es poden diferenciar dos tipus de peces que formen aquest prototip: peces comercials i peces necessitaran una fabricació prèvia. Aquestes últimes requereixen d'un mecanitzat i un possible tractament superficial com per exemple:

- Manillar: Anoditzat + imprimació + acabat de pintura
- Llantes: Conversió de cromats + imprimació + acabat de pintura
- Xassís-suport-suspensió: Anoditzat + imprimació + acabat de pintura
- Braços basculants: Anoditzat + imprimació + acabat de pintura

Seguidament, es presenta una taula on es desglossa el cost total d'aquelles peces que caldrà fabricar. Aquesta taula es comptabilitza de la següent manera:

- **PP** (Cost preparació de màquina)
- **PU** (Cost de fabricació)
- **CNR** (Costos no recurrents)

Aquest últim cost (CNR) inclou utilitatges, programes CAD/CAM per a la programació de les màquines, eines especials i FAI (Fixed Asset Investment). Cal tenir en compte que aquest, es comptabilitza un sol cop quan es realitza la inversió inicial. A partir de llavors, aquesta inversió es recupera i aquest cost deixa de comptabilitzar-se.

La taula de la Fig. 13. queda definida per sis columnes: PP, PU i CNR que son els costos ja comentats, i per altre banda: Q=50,100,200 que son les quantitats de peces de cada lot. Per tant, depenen del lot de peces que es fabriqui, el cost final variarà. Així doncs, la taula quedaria definida de la següent manera:

Parts	PP	PU	CNR	Q=50	Q=100	Q=150
Manillar	90 €	15€/u	300 €	16,8 €	15,9 €	15,6 €
Taula	120 €	80 €/u	300 €	82,4 €	81,2 €	80,8 €
Llantes	180 €	45 €/u	380 €	48,6 €	46,8 €	46,2 €
Botó ajust	60 €	3 €/u	60 €	4,2 €	3,6 €	3,4 €
Xassís suport suspensió	150 €	50 €/u	300 €	53 €	51,5 €	51 €
Eixos varis, lleves, varetes	180 €	60 €/u	300 €	63,6 €	61,8 €	61,2 €

Parts	PP	PU	CNR	Q=50	Q=100	Q=150
Braços basculants	180 €	70 €/u	300 €	73,6 €	71,8 €	71,2 €
<b>TOTAL</b>	<b>960 €</b>	<b>323 €</b>	<b>35.000 €</b>	<b>342,2 €</b>	<b>332,6 €</b>	<b>329,4 €</b>

Fig. 13. Taula del costos PP, PU, CNR de les peces a mecanitzar. Font pròpia.

Analitzant la taula de la Fig. 13. exposada, el cost final d'aquestes peces seria de 342,2€ (Q=10unt), 332,6€ (Q=100unt) i 329,4€ (Q=200unt) i el cost total per a la producció de les peces a fabricar del prototip, juntament amb la comptabilització dels materials comercials (395,12€), seria de **737,32€ (Q=50unt)**.

## 5.5 Pressupost

En aquest apartat és important tenir en compte diversos factors:

- Augment de la producció/ demanda al llarg dels anys.
- Inversió inicial (pàgina web, publicitat, possible App mòbil, CNR, etc)
- Necessitats bàsiques per a la fabricació de les peces a mecanitzar: Nau on es pugui subcontractar el mecanitzat i tractaments superficials de les peces.

És important definir el tipus de comerç que es durà a terme per a la venda d'aquests patinets. La idea inicial es comercialitzar el producte online, a través d'una pàgina web o App mòbil durant els primers anys del llançament del producte, sense necessitat d'una nau i un numero elevat de treballadors. Així doncs, es subcontractaria la producció, muntatge i emmagatzematge de les peces comentades a una empresa com ara Gutmar S.A. qui proporciona els serveis comentats.

Un cop definits els factors necessaris per al bon desenvolupament d'aquest producte, es procedeix a calcular el VAN i període de retorn de la inversió per comprovar si la opció de comercialització resulta ser rentable.

ALTERNATIVA INICIAL: Venta i comercialització del producte online.

- Inversió inicial aproximada: 55.000€
  - 20.000€ (publicitat + pàgina web + App mòbil)
  - 35.000€ (CNR)
- Demanda amb augment de 50unt/any.
- Preu de venda: 1000€/unt (preu establert després de l'estudi de mercat)

- Cost fix i cost variable: 960€ i 718€/unt (323€+395,12€) respectivament.

Any	0	1	2	3	4	5
Demanda		50	100	150	200	250
Ingressos		50.000,00 €	100.000,00 €	150.000,00 €	200.000,00 €	250.000,00 €
Inversió	-55000					
Cost Variable		-35.906,00 €	-71.812,00 €	-107.718,00 €	-143.624,00 €	-179.530,00 €
Cost Fix		-960,00 €	-960,00 €	-960,00 €	-960,00 €	-960,00 €
Flux Tressoreria	-55.000,00 €	13.134,00 €	27.228,00 €	41.322,00 €	55.416,00 €	69.510,00 €
Flux Tres. Acumulat	-55.000,00 €	-41.866,00 €	-14.638,00 €	26.684,00 €	82.100,00 €	151.610,00 €
Flux Tres. Actualitzat	-55.000,00 €	12.508,57 €	24.696,60 €	35.695,50 €	45.590,88 €	54.462,90 €
Flux Tres. Actual. Acumulat	-55.000,00 €	-42.491,43 €	-17.794,83 €	17.900,67 €	63.491,55 €	117.954,45 €
VAN	117.954,45 €					

Fig. 14. Taula per calcular el VAN del projecte amb un horitzó de 5 anys. Font pròpia.

Amb els resultats obtinguts en la Fig. 14. es pot concloure que el projecte es rentable en un horitzó de 5 anys ja que el  $VAN > 0$  (calculat amb un interès o taxa d'actualització del 2%). També, cal destacar que la inversió serà recuperada al tercer any, quan es començaran a obtenir uns beneficis de 17.900,67€. Així doncs, podem concloure que aquesta alternativa seria viable. A partir d'aquest anàlisi de costos i beneficis es realitza la següent gràfica comparativa (Fig. 15) on es representen els beneficis i les pèrdues durant un període de 5 anys.

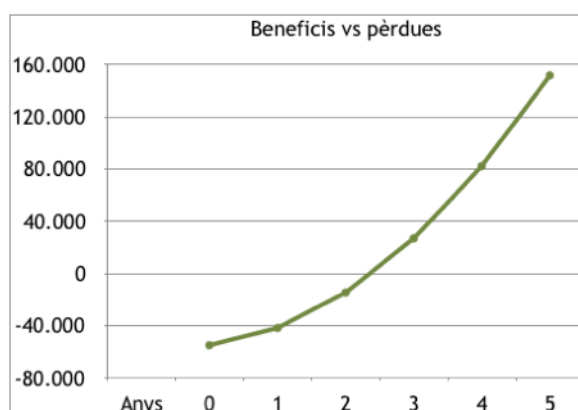


Fig. 15. Gràfica comparativa beneficis vs pèrdues. Font pròpia.

## 6. Disseny Del Prototip

### 6.1 Requisits Principals

Com tot vehicle urbà, el prototip ha de seguir una normativa establerta per la DGT (direcció general de transit). Per tant, abans de fer el disseny del patinet haurem de tenir en compte tots els requeriments especificats en aquesta normativa (*Fig. 16.*).

Características	A	B	C0	C1	C2
Velocidad máx.	20 km/h	30 km/h	45 km/h		45 km/h
Masa	≤ 25 kg	≤ 50 kg	≤ 300 kg		≤ 300 kg
Capacidad máx. (pers.)	1	1	1		3
Ancho máx.	0,6 m	0,8 m	1,5 m		1,5 m
Radio giro máx.	1 m	2 m	2 m		2 m
Peligrosidad superficie frontal	1	3	3		3
Altura máx.	2,1 m	2,1 m	2,1 m		2,1 m
Longitud máx.	1 m	1,9 m	1,9 m		1,9 m
Timbre	NO	SÍ	SÍ		SÍ
Frenada	NO	SÍ	SÍ		SÍ
DUM (distribución urbana mercancías)	NO	NO	NO	NO	SÍ
Transporte viajeros mediante pago de un precio	NO	NO	NO	SÍ	NO

*Fig. 16. Classificació dels vehicles de mobilitat personal. Font[25]*

En aquest cas, el model dissenyat es classificaria com a vehicle de tipus B on hauria de complir els següents requisits:

- Velocitat màxima: 30km/h
- Massa < 50kg
- Capacitat màxima: 1 persona
- Amplada màxima: 0,8m
- Frenada: Sí.

També, cal tenir en compte les característiques de funcionament que definiran el model a dissenyar. Així doncs, per tal de poder dimensionar els diversos components s'ha creat una taula (*Fig. 17.*) amb les característiques actuals del patinet i les especificacions dissenyades.

Característiques		Especificacions dissenyades	
<b>Pes</b>	30kg	<b>Trajecte</b>	8km
<b>Radi roda motor</b>	241mm	<b>Acceleració</b>	0-30Km/h en 20m
<b>Rel. transmissió</b>	Directa	<b>Vel. màxima</b>	30 Km/h

*Fig. 17. Taula de les característiques i especificacions dissenyades del prototip. Font pròpia.*

Tal com es pot observar a la *Fig. 16.*, s'especifiquen les característiques del patinet on aquest es caracteritza per tenir un pes aproximat de 30Kg, calculat en apartats anteriors. Aquest pes es ideal ja que no es molt pesat i així facilita el seu transport. Un cop realitzat el disseny 3D i especificant els materials de cada component es trobarà el pes exacta amb el programa "CATIA V5". El motor que s'utilitzarà es el que s'especificarà en apartats posteriors (motor central Brushless de 241 mm de diàmetre i relació de transmissió directa).

Fent referencia a les especificacions desitjades, s'ha fet un estudi orientatiu del trajecte diari que podria realitzar l'usuari per desplaçar-se en una ciutat com ara Barcelona. Per tant, basant-me en un estudi realitzat per "SEAT" (*Font [26]*) on afirma que més del 60% dels viatges interurbans amb automòbil son de 8 kilòmetres i que els patinets elèctric son cada cop més una alternativa per suplir aquests trajectes, es decideix establir un trajecte mig de 8km.

També cal destacar que s'ha limitat la velocitat màxima a 30km/h ja que segons la normativa, els patinets tipus B, com es el cas d'aquest model, tenen una velocitat limitada a 30km/h. Així doncs, a partir d'aquestes dades s'ha imposat que el model pugui arribar aquesta velocitat en 20m partint de la parada.

## 6.2 Dimensionament Dels Components

Partint de les especificacions comentades anteriorment on es desitja que el prototip arribi a una velocitat màxima de 30km/h en 20m i tenint en compte que es realitzaria un trajecte diari de uns 8km aproximadament ja es pot procedir a fer el dimensionament dels component. En aquest apartat s'analitzarà la potencia i parell motor necessaris per complir amb les especificacions i les condicions de capacitat de bateria.

### 6.1.1 Acceleració

Per complir amb el requisit de passar de 0-30km/h en 20m hem de calcular l'acceleració necessària que ha de tenir el model. A partir de l'equació de MRU i imposant les condicions en S.I ( $v = 11,11 \text{ m/s}$ ,  $x = 20 \text{ m}$ ,  $x_0=v_0=0$ ), s'obtenen els següents resultats:

$$v = v_0 + at \quad (1)$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad (2)$$

$$a = 3,085 \text{ m/s}^2 \quad t = 3,6 \text{ s}$$

A partir de l'acceleració trobada amb les equacions (1) i (2), es pot calcular el parell motor mínim necessari per complir amb els requisits especificats, tenint en compte que la relació de transmissió es directe ja que no existeix cap sistema de transmissió secundari, la força del motor es transmet a la roda de forma directe. Així doncs obtenim els següents resultats suposant que el pes del patinet es de 30kg aproximadament:

$$\tau = F \cdot r = m \cdot a \cdot r = 30kg \cdot \frac{3,085m}{s^2} \cdot 0,1205m \quad (3)$$

$$\tau = 11,15Nm$$

A partir del parell motor trobat, se li aplica un marge de seguretat i es fa una recerca dels diversos motors que estan al mercat amb parells motors superiors a 14Nm (parell amb marge de seguretat) i tenint en compte les característiques comentades en apartats anteriors.

S'ha trobat un "kit motor" Brushless equipat amb:

- Motor integrat a la roda de 241mm de diàmetre amb fre tambor.
- Controlador ECU
- Manetes de fre
- Empunyadures amb clau de contacte

El model d'aquest motor és "YQ-9.5 JIANGSU" juntament amb el controlador ECU de referencia "B07YZK8XS6". Segons les especificacions tècniques del fabricant es creen les següent taules (Fig. 18. I Fig. 20.):

Dimensions Motor		Especificacions Motor	
Pes	5,7kg	Voltatge	24-60V
Gruix	112 mm	Corrent màx.	19.5A
Pneumàtic	Càmera d'aire	Potència màx.	500W
Diàmetre roda	241 mmm	Eficiència	75-88%
Cargols	M14x1.5 (10mm) M12x1,25 (10mm)	RPM màx.	150-1000RPM
Eix	198 mm	Parell motor	10-50Nm
Preu	77 €	Kv	8,68Kv

Fig. 18. Taula de les dimensions i especificacions del motor Brushless. Font [27]





Partint d'aquest motor seleccionat ("motor Brushless") es compara el seu parell motor en transitori amb el parell obtingut, i així poder concloure si aquest motor pot ser efectiu per satisfer les especificacions desitjades.

En aquest cas s'ha obtingut:

- Parell motor mínim desitjat: 14 Nm
- Parell motor en transitori: 16,16 Nm

El parell del motor seleccionat resulta ser bastant similar al desitjat. Tot i així, aquest es superior al parell mínim desitjat pel que es pot donar per vàlid el motor escollit. Cal destacar que cada motor Brushless té una corba característica corresponent. Totes segueixen un mateix patró que s'explicarà a continuació. És important conèixer els seus paràmetres, valors característics de magnitud y comportament per entendre el funcionament d'aquest tipus de motor.

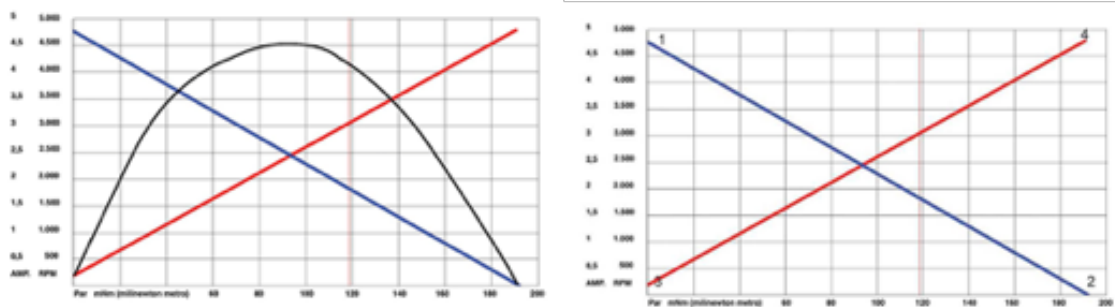
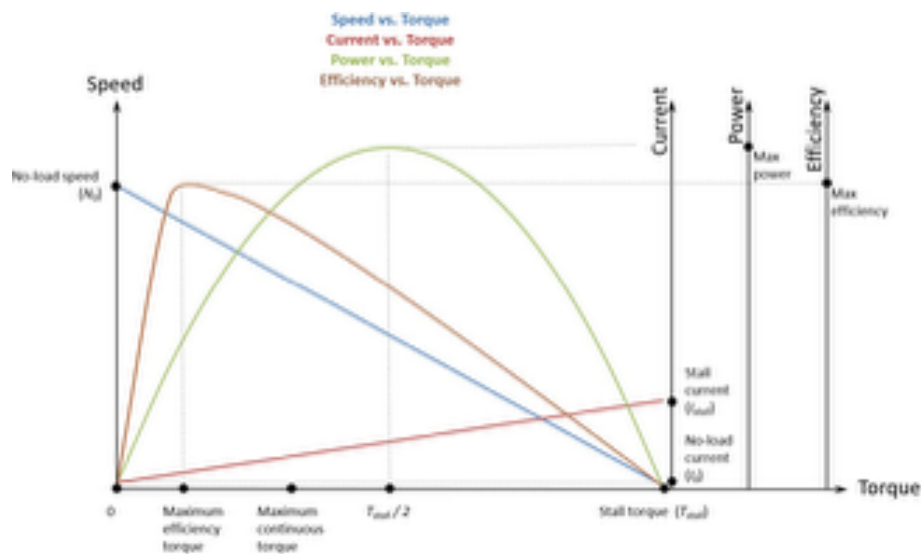


Fig. 21. Corbes característiques del motor Brushless. Font [29].



En aquestes gràfiques exemplars ( Fig.21.) es representa la corba de potencia (color negre) en forma de paràbola còncava on té un màxim ben definit. El cas del nostre model, el màxim es situaria a una potencia de 500W. També apareixen dos rectes inversament proporcionals (blava i vermella) que representen la relació entre velocitat-parell i corrent-parell. El parell de arrancada augmenta proporcionalment amb la tensió. Aquest correspon al punt 4 de la recta velocitat-par (blava) de la gràfica, i el corrent d'arrancada correspon al punt 2 de la recta de corrent-par (vermella). La velocitat en vuit correspon al punt 1 de la recta de velocitat-par (blava) mentre que el corrent en vuit correspon al punt 3 de la recta de corrent-par (vermella). En el cas del motor utilitzat el seu fabricant facilita la seva corba característica (Fig.22.)

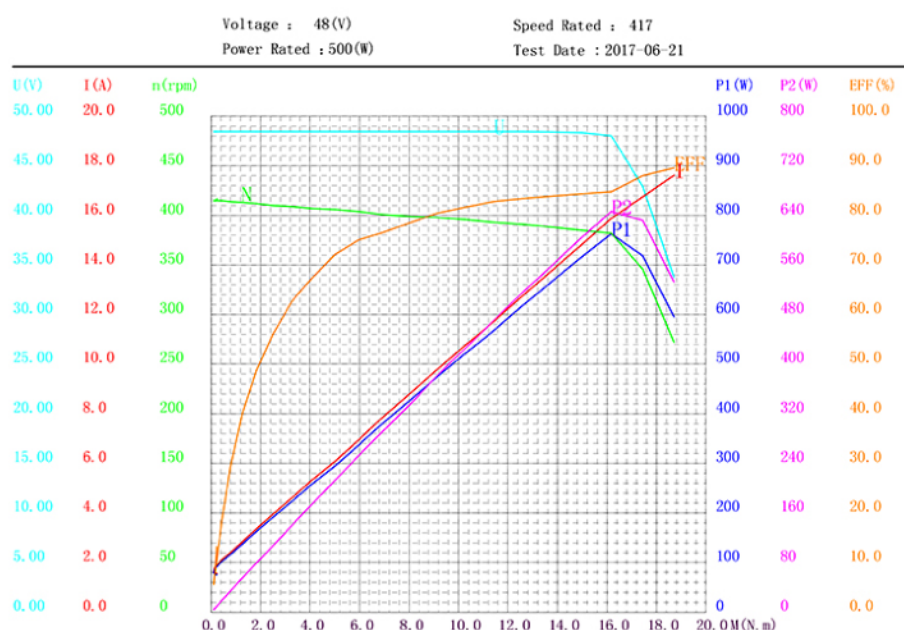


Fig. 22. Corba característica del motor Brushless utilitzat. Font [27].

## 6.1.2 Abast

En la Fig.17. es comenten les especificacions tècniques del patinet. Per poder realitzar la Fig.23., s'ha definit la distància aproximada que pot realitzar diàriament l'usuari comprador de 8km. Per tal de poder dimensionar la bateria s'assumeix que l'usuari circularà a una velocitat constant de 20km/h, sense tenir en compte acceleracions brusques o grans canvis de pendent i per aquest motiu, al resultat final se li aplicarà un marge de seguretat per suplir aquestes aproximacions realitzades per poder facilitar els càlculs.

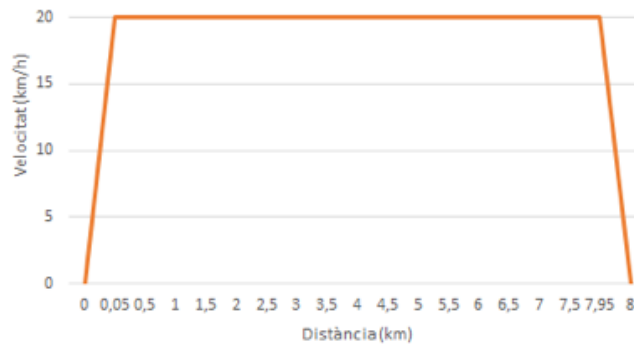


Fig. 23. Representació gràfica d'un trajecte de 8km amb velocitat mitja de 20Km. Font pròpia

A partir de la gràfica i les condicions de trajecte imposades, es pot trobar la durada del trajecte i la velocitat de gir del motor a partir la qual es trobarà la intensitat que li correspon.

$$t(h) = \frac{\text{distància}(km)}{V_{mitjana}(\frac{km}{h})} = 0.4h \quad (4)$$

$$\omega_{motor} = \frac{\omega_{roda}}{rel. transmissió} = \frac{V_{mitja}}{r} \cdot \frac{60}{2\pi} = 440rpm \quad (5)$$

Així doncs, a partir de la Fig.22. es troba una intensitat de 17,5A corresponent a la velocitat de 440rpm. Amb la intensitat trobada es calcula la capacitat desitjada de la bateria amb la següent equació:

$$E(Ah) = I(A) \cdot t(h) = 17,5 (A) \cdot 0,4(h) = 7 Ah \quad (6)$$

Per tant, es decideix dimensionar la bateria del prototip amb una capacitat superior a 7,5Ah aplicant el marge de seguretat comentat per salvar les diferències entre la mecànica real i les aproximacions dels càlculs realitzats. Un cop escollit el model de bateria amb la capacitat comentada es podrà calcular la seva autonomia.

En el cas del model dissenyat, s'ha escollit la bateria SAMSUNG-48, ja comentada en apartats anteriors, amb les següents característiques:

- Tensió nominal: 48 V / **13Ah**
- Vida útil: 800 cicles
- Pes: 3,5kg
- Preu: 190€
- Corrent nominal: 30A
- Corrent màxim: 80A

En aquest cas, el prototip te una bateria de 48V i 13Ah i un motor de 48V que consumeix uns 10,42A ( $I = P/U = 500/48$ ). Amb aquestes dades obtenim la potència de la bateria ( $W_b$ ) i la potencia consumida ( $W_c$ ) amb les següents equacions:

$$W_b = V_b \cdot I_b = 48V \cdot 13Ah = 624Wh \quad (7)$$

$$W_c = V_b \cdot I_c = 48V \cdot 10,42A = 500W \quad (8)$$

$$Autonomia = \frac{W_b}{W_c} = 1,248h = 25Km \quad (9)$$

Cal destacar que aquest valor no es real ja que s'ha suposat que en el trajecte l'usuari manté una velocitat constant i no s'ha tingut en compte l'existència de parades a causa dels semàfors i passos de peatons o canvis de pendent.

Seria aconsellable realitzar un estudi del número aproximat de semàfors que hi han a Barcelona en un trajecte de 8km i poder fer una aproximació de les parades que faria l'usuari.

En el cas dels automòbils, tant sigui de combustible, híbrid o elèctric, al contrari dels patinets elèctrics, existeix una homologació per a la prova de consum anomenada NEDC, on es mesura el cicle de consum interurbà i extra-urbà. Així doncs, la gràfica realitzada en aquest apartat hauria de ser similar a:

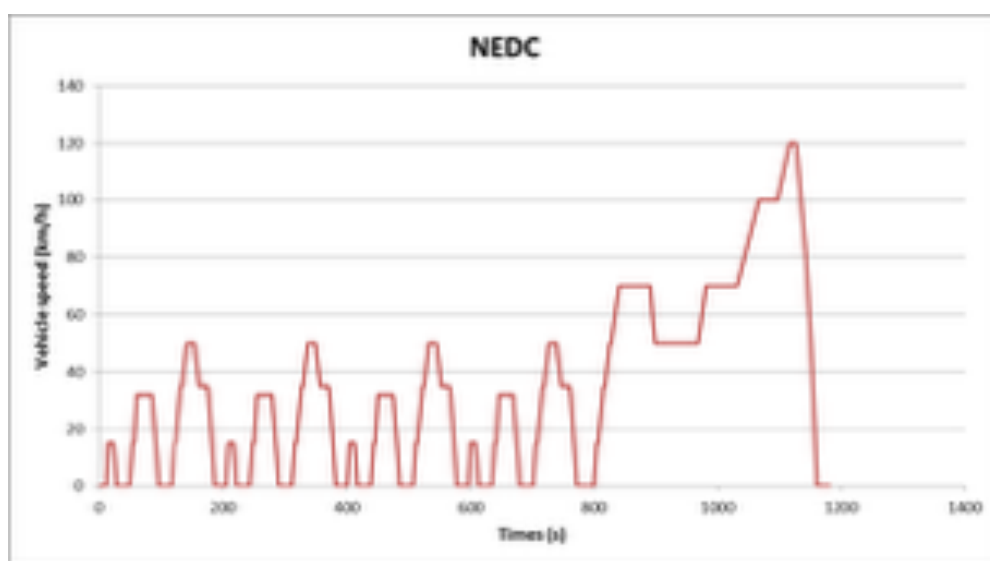


Fig. 24. Gràfica representativa del cicle NEDC. Font [30].

### 6.1.3 Velocitat Màxima

La velocitat dels motors BLCD es regula fàcilment amb el voltatge. Aquests tipus de motor necessiten una electrònica de control de commutació. Així doncs, la constant de velocitat, pròpia de cada bobinat, determina la velocitat de gir del motor en funció del voltatge d'alimentació.

$$v = \omega(rpm) \cdot U(V) \quad (10)$$

A la Fig.25. es pot observar l'efecte d'una baixada de tensió d'alimentació. La corba de velocitat-par (blava) es desplaçaria paral·lelament cap avall al baixar el voltatge (Per exemple de 12V a 8V) i en sentit contrari, al augmentar el voltatge (12V a 14V).

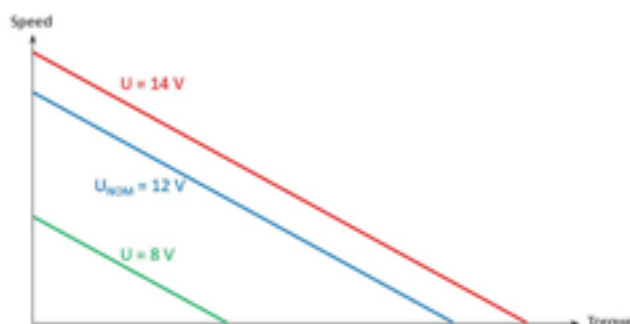


Fig. 25. Gràfica variació de la velocitat vs tensió. Font [31].

Per tal de complir amb la normativa establerta per la DGT, on s'exposa que els patinets elèctrics tipus B no poden excedir la velocitat de 30km/h, es comprova que aquesta limitació sigui compatible amb el motor escollit. Així mateix, el fabricant del motor escollit especifica que aquest té una velocitat màxima de 30km/h. Tot i així, es procedeix a calcular la velocitat de gir per comprovar si aquesta es troba dins del rang de velocitats del motor. Per comprovar-ho s'utilitza la següent equació:

$$\omega_{motor} = \frac{\omega_{roda}}{rel. transmissió} = \frac{V_{mitja}}{r} \cdot \frac{60}{2\pi} = 660rpm \quad (11)$$

Amb el resultat obtingut de  $\omega$  en rpm (660rpm) i analitzant les especificacions del fabricant del motor escollit on s'exposa el seu rang de velocitats (150rpm-1000rpm), es verifica que es troba dins d'aquest rang. Per tant, es pot considerar com a vàlida una velocitat màxima de 30 km/h. Cal destacar que aquest vehicle està dissenyat per realitzar trajectes interurbans i per tant resulta difícil mantenir-se a la velocitat màxima durant un llarg període de temps degut a les parades i obstacles en els que s'hauria de reduir la velocitat, com ara els passos de zebra, semàfors, etc.

### 6.1.4 Pendent Màxim

Un gran problema per als patinets que actualment estan al mercat són els trajectes amb pendent elevat, aquests funcionen amb la seva totalitat en trajectes plans però sovint

causen problemes a l'hora de canviar de rasant. El seu bon funcionament depèn en gran part del pes del patinet i de l'usuari, la mida de les rodes i la potencia del motor. Així doncs per tal d'assegurar que el nostre prototip pot arribar a pujar una pendent es procedeix a calcular el pendent màxim que pot assolir amb les següents equacions:

$$\tau = F_{motor} \cdot r \quad (12)$$

$$Fr = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta \quad (13)$$

$$F_{motor} = P + Fr \quad (14)$$

$$P = m \cdot g \cdot \sin \theta \quad (15)$$

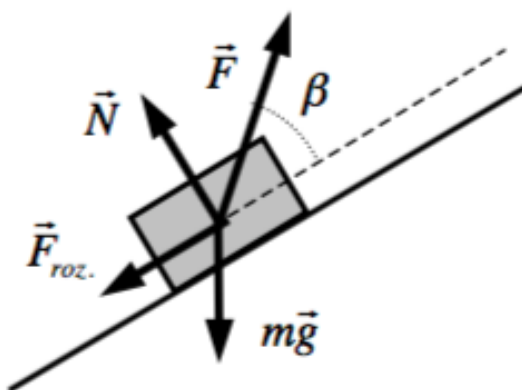


Fig.26. Diagrama de blocs. Font [32].

La massa del patinet i del conductor és ' $m$ ' i l'angle d'inclinació és ' $\theta$ '. La força ' $P$ ' la que genera el pes del patinet juntament amb el de l'usuari exposats a un pendent i el parell motor ' $\tau$ ' el producte de la força que exerceix el motor per ' $r$ ' que es el radi de la roda. A la  $F_{motor}$  apareix el terme  $Fr$  que es la força de fregament entre les rodes i el sòl. Per poder calcular aquesta força es necessari saber el coeficient de fregament entre l'asfalt (sòl) i la goma (pneumàtic de la roda) i aquest es de 0,6.

Suposant que l'usuari que utilitza aquest prototip té un pes de 90kg i sabent que el patinet té un pes de 30kg, el radi de la roda del motor Brushless és de 241mm i té un parell motor màxim de 35Nm es pot procedir a calcular el pendent màxim que podria assolir el model. Així mateix, sabent que el patinet s'aturarà quan el parell sigui igual al parell màxim generat pel motor elèctric, es podrà arribar a calcular el pendent màxim que pot assolir. Degut a l'escassa informació que proporciona el fabricant del motor, s'ha contactat directament amb aquest per obtenir algunes dades com ara el parell màxim de 35Nm (annex 3):

$$\tau = (m \cdot g \cdot \sin \theta + \mu \cdot m \cdot g) \cdot r = 20,57^\circ \quad (16)$$

$$Pendent[^\circ] = \arctg\left(\frac{pendent(\%)}{100}\right) = 37.52\% \quad (17)$$

### 6.1.5 Distribució De Pesos

En aquest apartat es comprovar que el prototip té una distribució equilibrada del seu pes per tal de garantir la seguretat del producte, una bona conducció i una llarga vida útil del vehicle. És de gran importància saber situar aquest centre de gravetat en aquest disseny ja que gran part de la càrrega es concentra a la part davantera. Per aquest motiu es decideix col·locar el motor Brushless a la zona del darrera i així distribuir la càrrega.

Analitzem la distribució de pesos del patinet, per comprobar com es distribueix la càrrega en les diferents zones del patinet. Es simula la força d'un pes de 85kg al centre de la taula (pes aleatori) i es defineixen els diversos pesos de cada component. Així doncs l'esquema de la distribució de pesos resulta ser el següent:

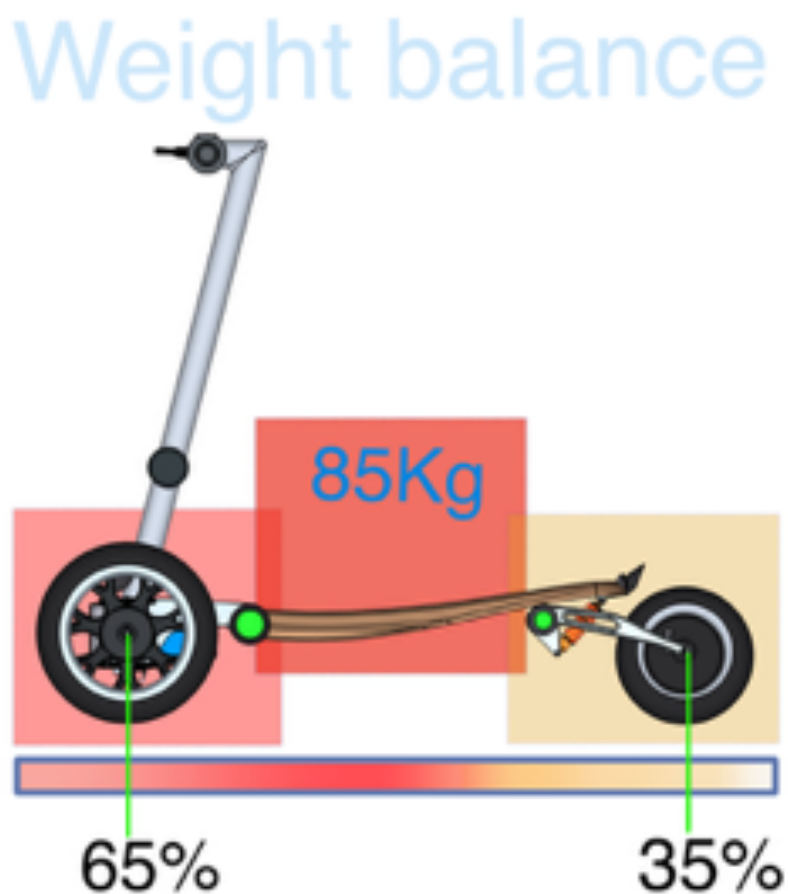


Fig. 27. Fotografia distribució de pesos. Font pròpia.

A la part davantera s'acumula un 65% del pes del vehicle i a la part del darrera un 35%. Al col·locar una carrega central, canvia la posició del centre de masses, portant així a tenir una distribució equilibrada de pesos del model.



## 6.3 Disseny Preliminar

Abans de realitzar el disseny 3D, es va realitzar un esbós amb SketchUp per tal de tenir una idea general del que seria el producte final.

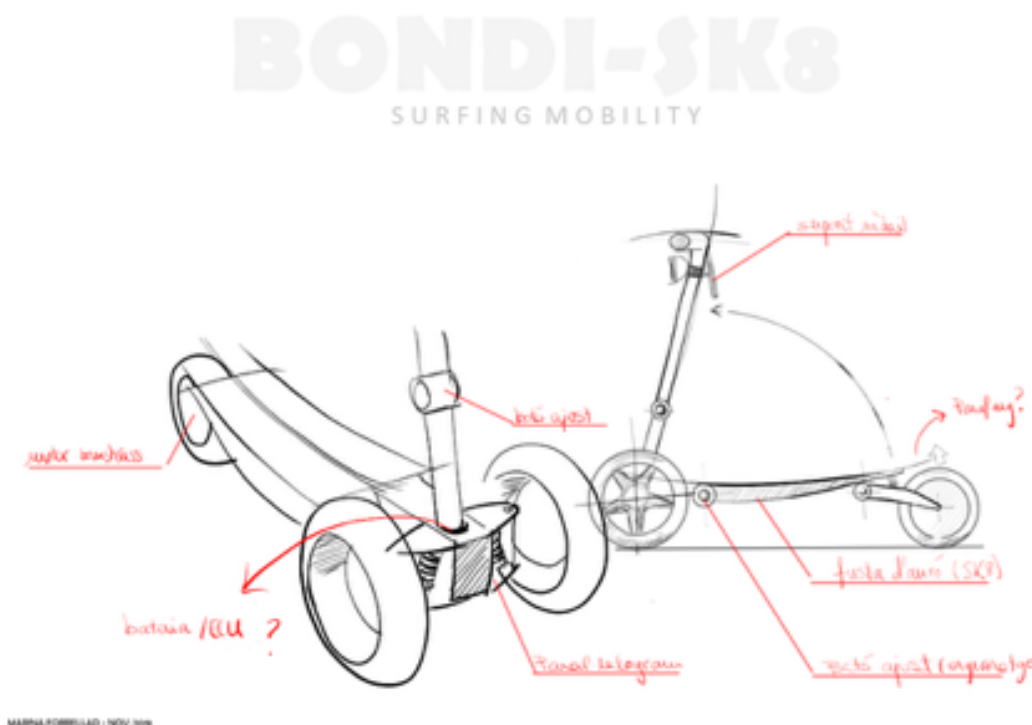


Fig. 28. Disseny preliminar amb SketchUp. Font pròpia.

Com ja s'ha comentat a l'estudi de mercat, la idea era fer un disseny singular, diferent als dissenys que ja estan al mercat. Per tal de marcar diferencia amb la resta de patinets, es va plantejar la idea d'utilitzar materials especials i fer un disseny poc comú tenint en compte que el prototip havia de complir amb els requisits i objectius comentats. Aquest model s'ha registrat amb el nom de "BONDI-SK8".

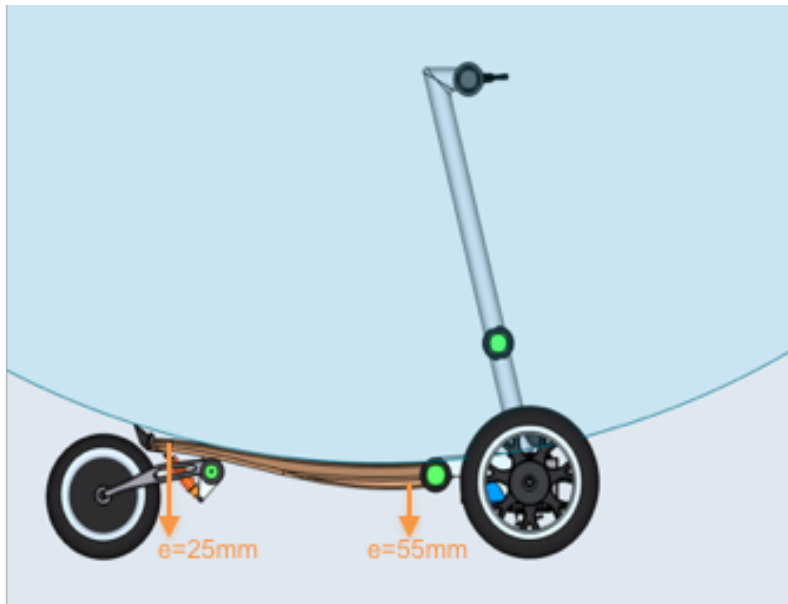
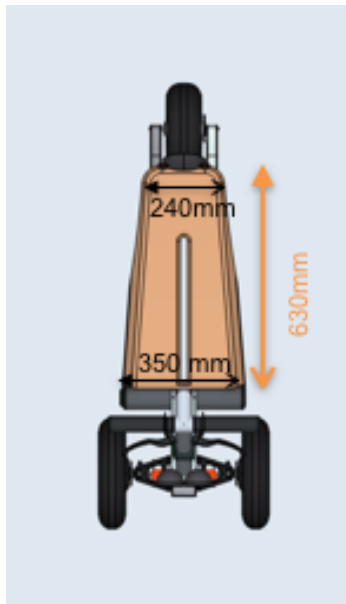
El disseny presentat, a grans trets, tracta bàsicament d'una taula de fusta unida a tres rodes, dos rodes davanteres, on es situa la suspensió independent, i una roda al darrera on es situa el motor central Brushless. La roda del darrera també té una suspensió i pot ser plegable. El patinet, també es fàcilment plegable a partir d'una articulació col·locada a l'extrem de la taula, situada al costat de la bateria i l'ECU. Cal destacar que el manillar es podrà regular a diversos angles de 5 graus de diferencia entre ells, el model tindrà un sistema d'il·luminació, les rodes davanteres portaran un sistema de fre de disc i la roda del darrera, qui generarà la tracció del patinet, fre de tambor.

## 6.4 Disseny 3D

Un cop plantejades les idees principals i fet l'esbós previ, es pot procedir a fer el disseny 3D amb el programa Shapr3D. El model ha sigut dissenyat peça a peça i posteriorment la seva unió ha format el conjunt. Seguidament es presenta en les fotografies les diferents parts/peces del model 3D i el seu conjunt final junt amb una breu explicació:

### TAULA:

El suport que aguanta el pes de l'usuari serà una taula tipus "skate", caracteritzada per estar feta d'un tipus de fusta especial (fusta d'auró provinent de Canada). Consisteix en diverses làmines de fusta unides entre elles on a la part superior es col·locarà una làmina de full de vidre. A l'extrem de la taula es troba una articulació per poder plegar el patinet amb un diàmetre de 70mm . La taula té un espessor de 55 mm a la part davantera i 25mm a la part del darrera, 630mm de llargada i 350mm d'amplada a la part davantera i 240mm a la part del darrera. Aquesta té una curvatura de radi 200mm per tal que la roda del darrera no arribi a topar amb la taula quan accioni l'esmorteïdor. També, a l'altre extrem de la taula es situa la llum vermella de fre.





*Fig. 29. Mesures Suport-Taula. Font pròpia.*

#### MANILLAR:

El tub manillar està dividit en dos trams (A i B) a partir d'una articulació (botó ajust) d'engrenatge de poliamida dentat intern, que permet inclinar el tub a tres angles diferents, separats per 5 graus cadascun (predeterminats per les dents de l'engrenatge intern), partint d'una inclinació inicial de -15 graus.

- Tram A: Esta unit al "xassís suport-suspensió". Consisteix en un tub d'alumini de alt límit elàstic de diàmetre 50mm x espessor 2,5mm i 300mm de llargada.
- Tram B: unit al tram A pel botó de regulació d'ajust d'angle. A l'extrem superior s'uneix el manillar, mitjançant soldadura. El tub és d'alumini, de diàmetre 50 mm x espessor 2,5mm i 570mm de llargada.
- Manillar: Es de dur alumini i te un amplada de 421mm i diàmetre 26mm x 2mm espessor. El manillar va equipat de dues empunyadures, dues manetes de fre, el contacte ON/OFF i l'interruptor dels llums davanteres.

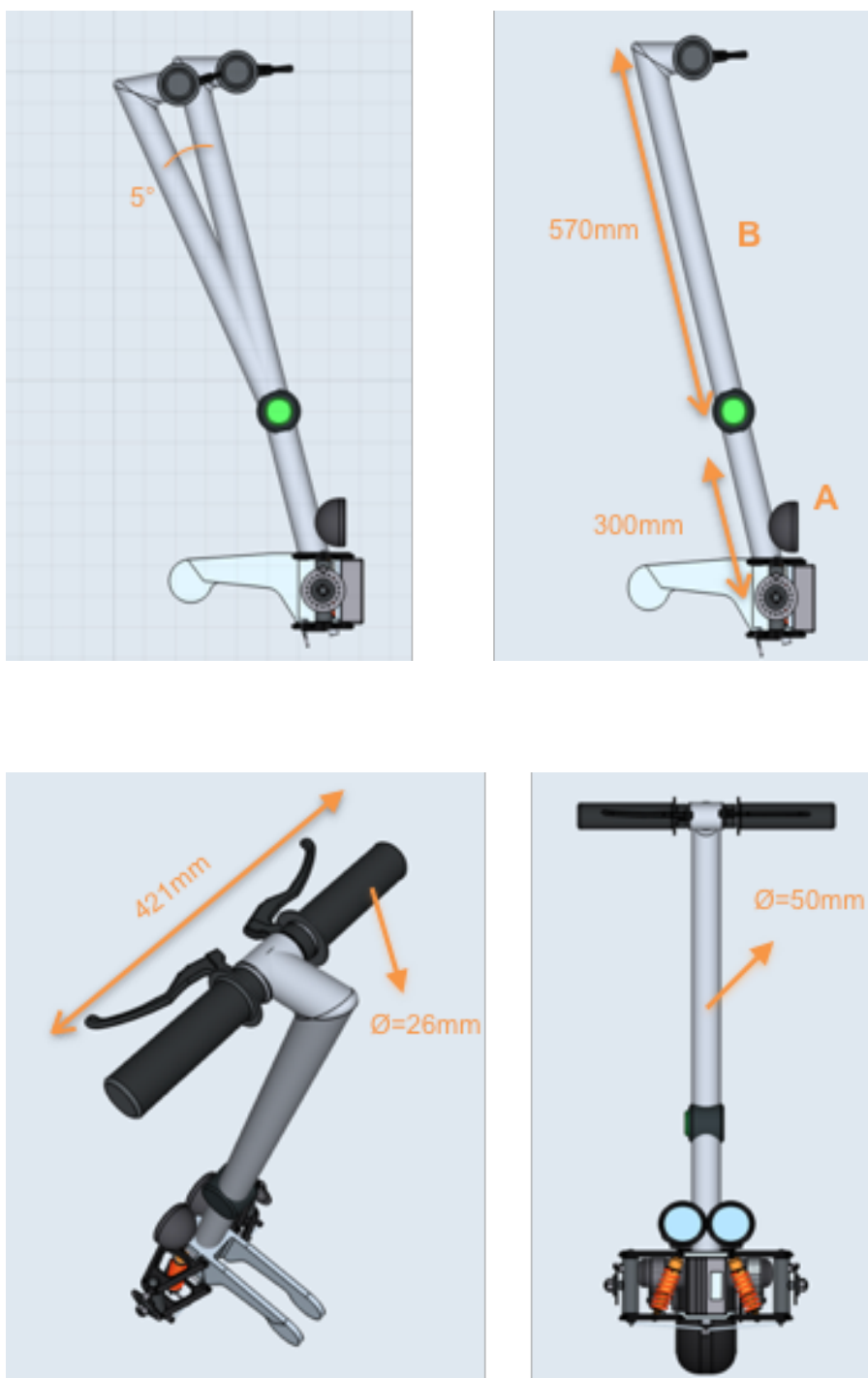
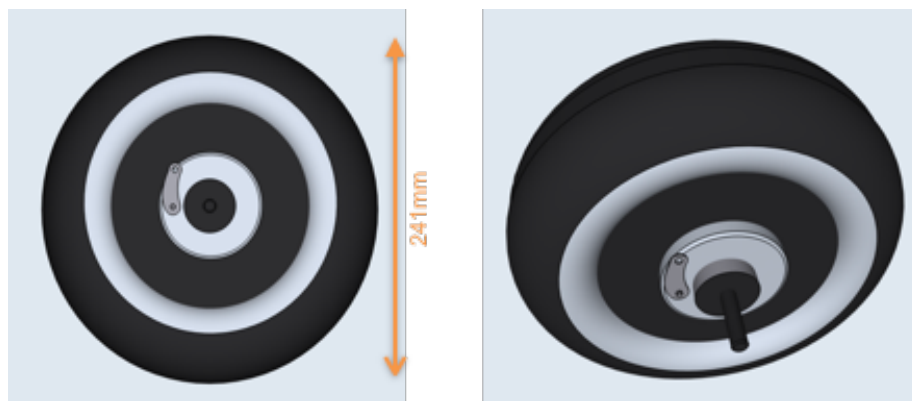


Fig. 30. Mesures manillar. Font pròpia.

### RODA DEL DERRERA AMB MOTOR BRUSHLESS:

La roda del darrera te un diàmetre de 241mm que permet la introducció d'un motor Brushless al seu interior. Aquest te un sistema de fre de tambor integrat i un pes de 5kg. Cal destacar que les tres rodes no son rígides, sinó que tenen una coberta de pneumàtic de cautxú amb càmera d'aire al seu interior. La roda del darrera te unes dimensions inferiors a les rodes davanteres i es la que genera la tracció del patinet.



*Fig. 31. Mesures roda del darrera.. Font pròpia.*

### RODES DAVANTERES AMB SUSPENSIO INDEPENDENT:

En el "xassís-suport-suspensió" del patinet, s'articulen els braços superior i inferior (dreta i esquerra) que configuraran la suspensió independent amb sistema de deformació paral·lela (sistema típic, per exemple, en la configuració de la suspensió d'un monoplaça F1). Aquests braços uneixen el "xassís-suport" amb les dues rodes mitjançant ròtules esfèriques. Entre ells es troba l'esmorteïdor inclinat a un angle de 15 graus que mantindrà amb pre-tensió els braços dotant-los de suspensió.

Unit al suport de les rodes i a l'extrem inferior del manillar es troba una lleva que uneix, mitjançant dues varetes d'acer de 6mm de diàmetre que permet el gir de les rodes solidari al gir del manillar. Entre el suport de la roda i l'eix d'aquesta, es situen els discs de fre de mordassa fixa de 70mm de diàmetre. Les rodes davanteres tenen un diàmetre de 320mm i la distància entre elles es de 330mm. La distància entre el terra i el "xassís suport-suspensió" es de 70 mm.

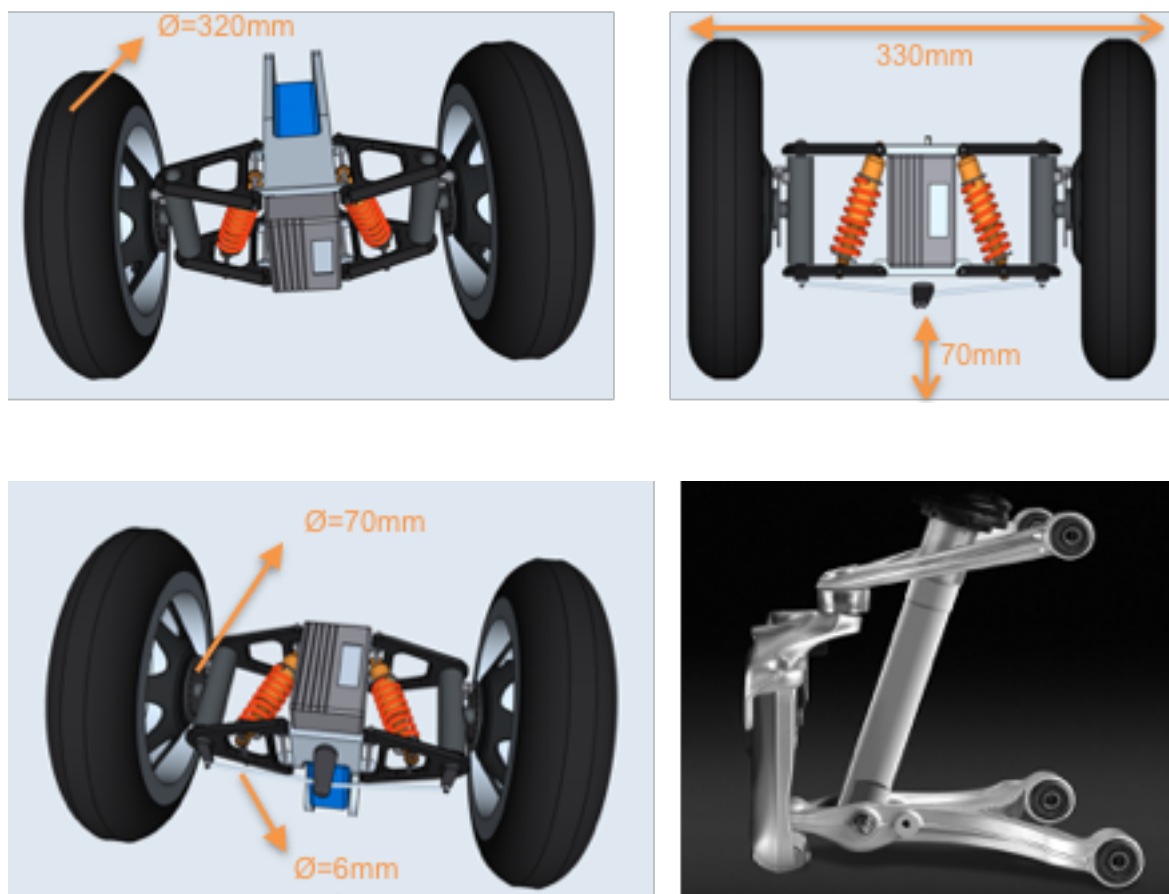
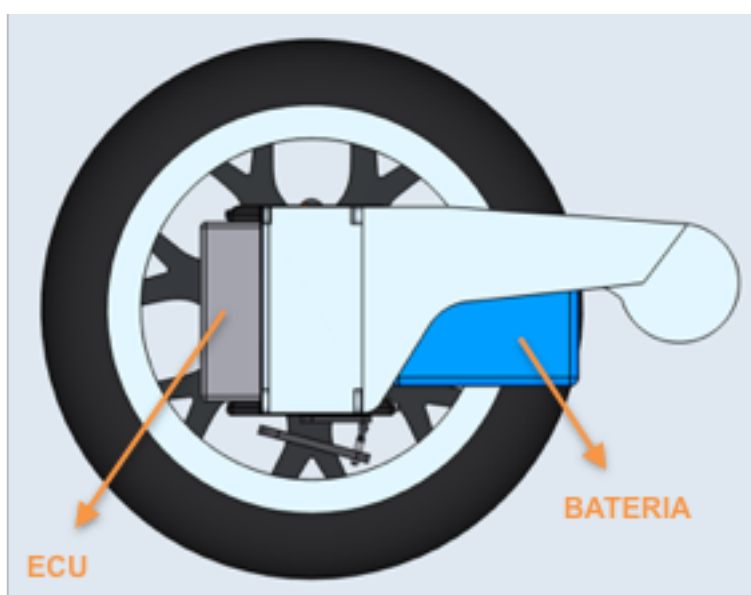


Fig. 32. Mesures rodes davanteres amb suspensió independent. Font pròpia.  
Fig. 33. Imatge suspensió paral·lelogram-deformable. Font [33]

## BATERIA I ECU:

Tant la bateria com l'ECU estan fixats entre el "xassís-suport-suspensió" i la taula, de manera que tinguin lliure mobilitat a l'hora de poder carregar la bateria. Com ja s'ha comentat anteriorment, la bateria escollida de 48V té unes dimensions de 412x122x39 (mm) i l'ECU de 147x84x44 (mm). Aquestes estan situades a la part davantera del patinet per poder equilibrar la distribució de pesos ja que el pes del motor es concentra a la part del darrera.



*Fig. 34. Ubicació bateria i ECU. Font pròpia.*

Així doncs, unint tots els components, el disseny 3D del prototip queda definit amb unes dimensions generals de 104cm alçada, 126cm llargada i 49cm amplada tal com es mostra a la Fig.35.

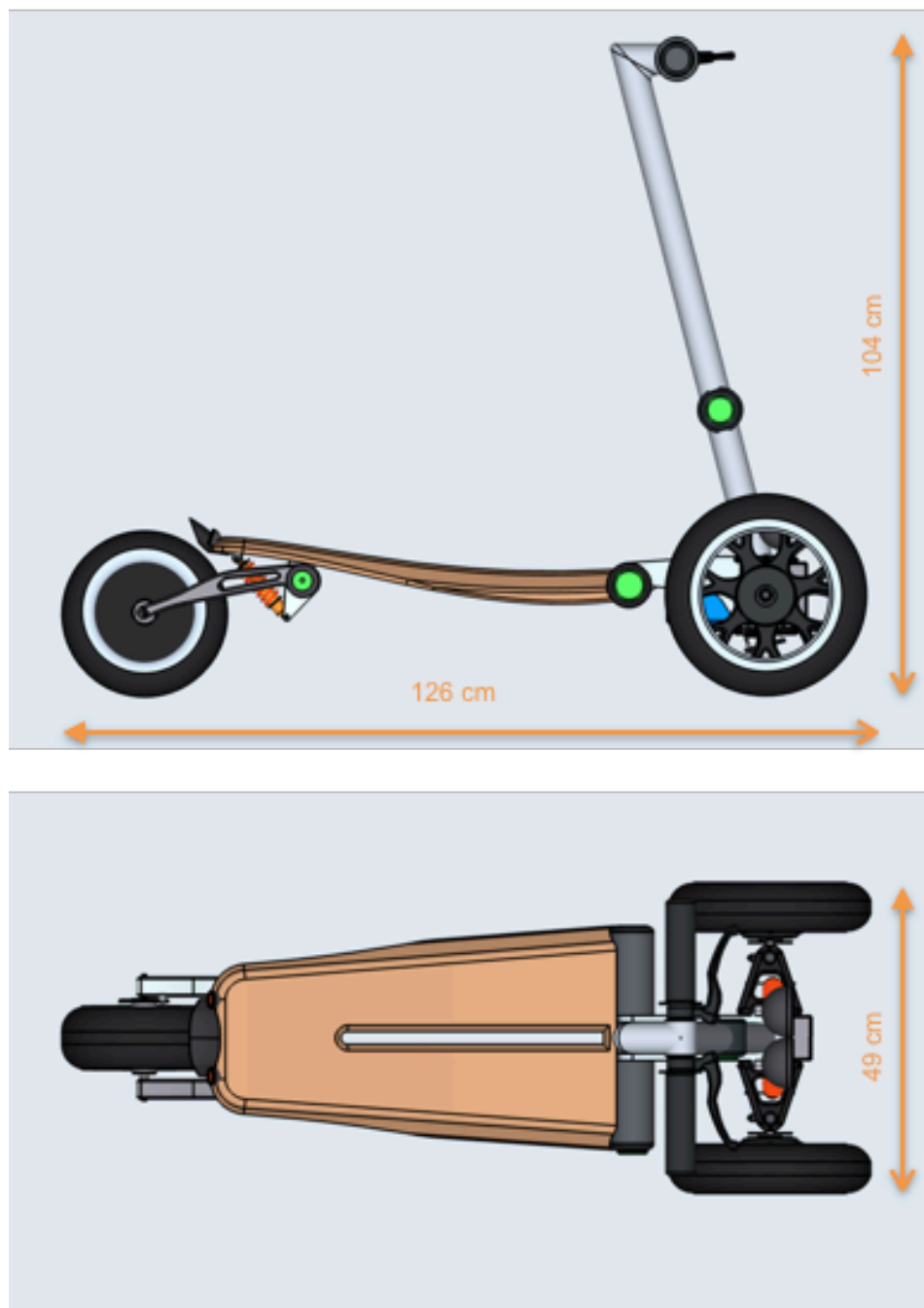


Fig. 35. Mesures generals del prototip. Font pròpia.



## 6.5 Disseny 3D Renderitzat

Un cop realitzat el disseny 3D es procedeix a renderitzar el prototip amb el programa "KEYSHOT". Aquest programa permet l'elecció i visualització dels materials de les diferents parts del model per tal de poder simular un disseny mes proper a la realitat. Així doncs el disseny final resulta ser el següent (Fig.36.):



Fig. 36. Disseny 3D renderitzat amb programa KeyShot. Font pròpia.

## 7. Anàlisi Per Elements Finites I Simulació (CATIA)

En aquest apartat es realitza un anàlisi per elements finits a través del programa CATIA V5. En aquest procés s'analitzaran dues peces claus pel funcionament mecànic del prototip:

- Suport-taula de fusta.
- Braços-suspensió de fibra de carboni.

Per comprovar que aquestes peces, quan estan sotmeses a una força, no superen el seu límit elàstic, no arribant a una deformació permanent del material, es fa un anàlisi de tensions basant-se en el teorema de Von Mises. La tensió de Von Mises és una magnitud física proporcional a l'energia de distorsió. S'utilitza per les teories de fallada com a indicador d'un bon disseny per a materials dúctils. Aquesta pot calcular-se fàcilment a partir de les tensions principals de tensor tensió en un punt d'un sòlid deformable, mitjançant l'expressió:

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (18)$$

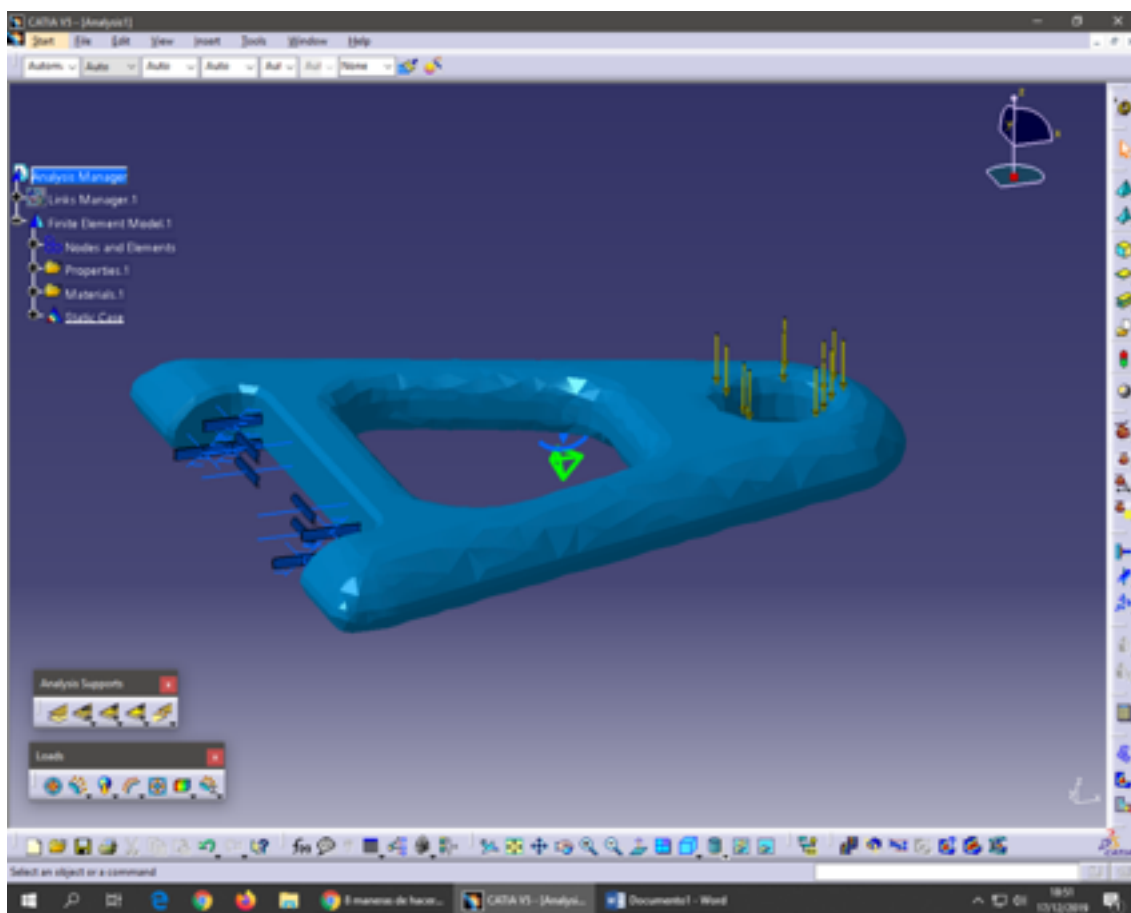
Sent les tensions principals  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  Usualment, en una placa només 3 de les 6 components del tensor tensió son diferent de zero  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  a partir de les quals es pot calcular aquestes tensions principals:

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (19)$$

Així doncs, es procedeix a calcular els esforços als quals estan sotmeses aquestes dues peces per garantir el seu bon funcionament:

## 7.1 Braç-Suspensió

Es realitza l'anàlisi per elements finits d'un dels quatre braços. En primer lloc es defineix el seu material: fibra de carboni. En aquest cas com el material ja esta definit en el programa no cal modificar les seves propietats. Seguidament definim la mida de node de la malla que serà de 2mm per tal d'assegurar que sigui el més refinat possible. En els problemes que presenten càrregues concentrades i/o discontinuïtats geomètriques, cal aplicar el principi de St. Venant per trobar les regions que requereixen d'una malla més refinada. Bàsicament, el principi diu que les forces concentrades o discontinuïtats geomètriques causen només tensions y deformacions en las zones pròximes a la carga o discontinuïtat. Per tant es defineix una mallat prou refinat per poder assegurar que estarà lliure de conflictes mecànics.



*Fig. 37. Restriccions i càrrega aplicada al braç-suspensió. Font pròpia.*

Posteriorment apliquem les restriccions. Es fixa l'extrem esquerra de la peça, extrem situat al xassís-suport-suspensió, i es restringeix la translació en l'eix de les x's i de les y's. Seguidament s'aplica una càrrega mitjançant la opció de "càrrega distribuïda" en l'eix negatiu de les z's de 600N a l'altre extrem de la peça situada a les parets de l'orifici on es col·locarà l'articulació.

Cal considerar que la força podria estar aplicada tant en l'eix negatiu de les z's com en l'eix positiu. S'ha decidit utilitzar aquesta força tot considerant que l'usuari pot arribar a un pes màxim de 100Kg (980N) així doncs es repartirien 490N aproximadament a cada braç. D'aquesta manera, aplicant un marge del 25%, es decideix aplicar una càrrega de 600N.

Al finalitzar els càlculs, es poden observar els resultats obtinguts després d'aplicar aquesta força. A l'extrem dret de la pantalla, apareixen representades en una escala de colors, les tensions de Von Mises. Així mateix, les tensions de tracció i compressió més elevades apareixen representades de color vermell, mentre que en color blau quedarien representades les tensions més lleus. L'extrem de la peça que està fixat no pateix cap deformació, mentre que a la part central d'aquesta és on concentren les tensions màximes de compressió (part superior) i tracció (part inferior) de 133Mpa.

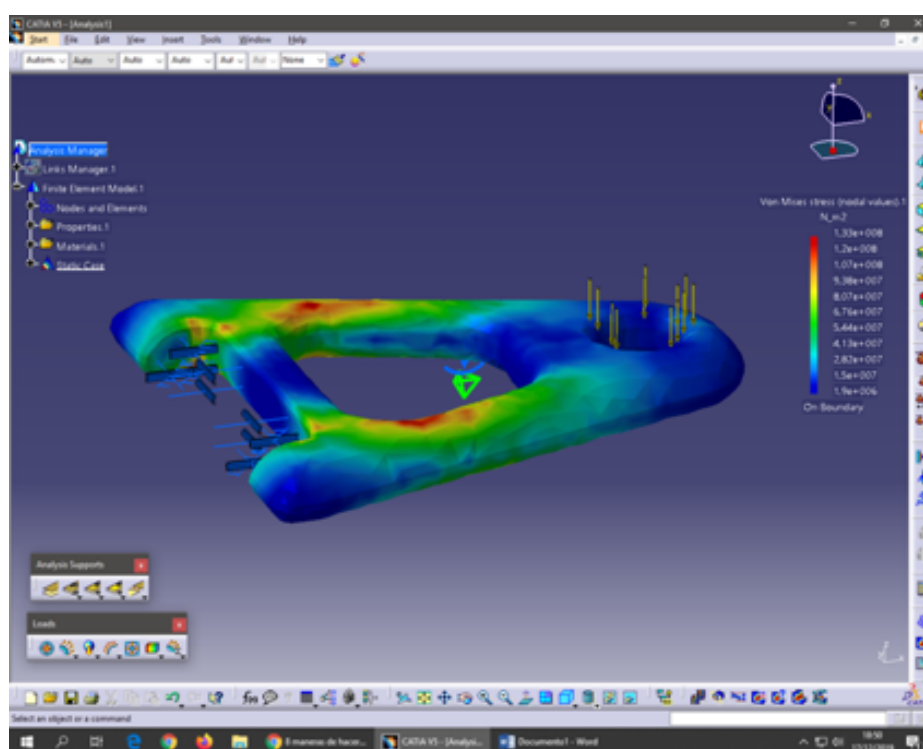
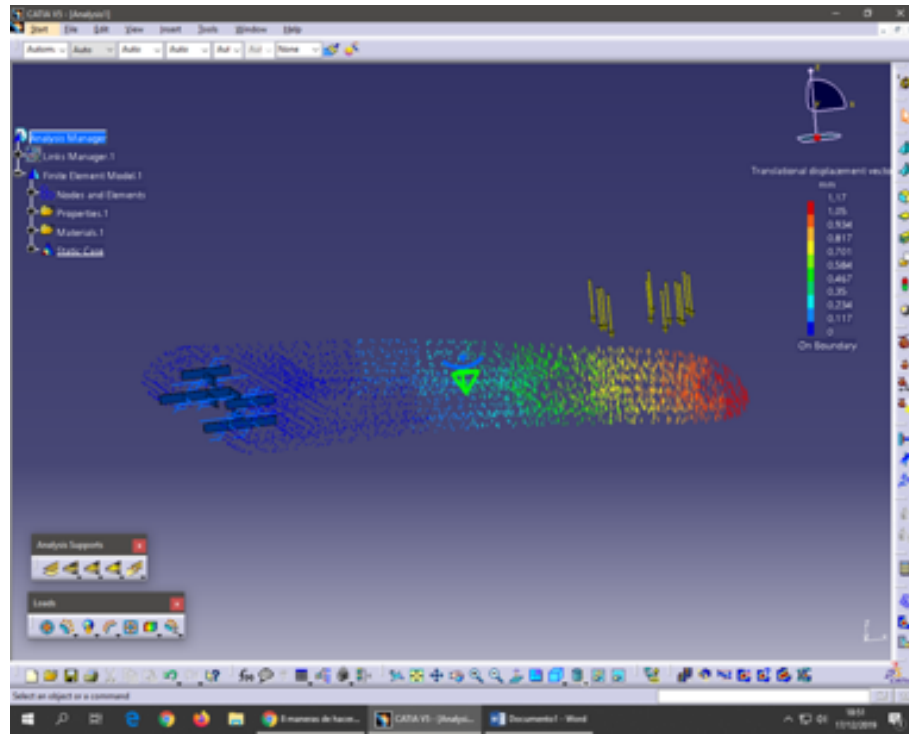


Fig. 38. Tensions de Von Mises al braç-suspensió. Font pròpia.

Després d'analitzar els resultats i sabent que el material de la peça (fibra de carboni) té una resistència a la tracció de 35000Mpa, que es el màxim esforç a tracció que pot suportar un cos abans d'arribar a la ruptura, podem concloure que el braç-suspensió podrà fer la seva funció sense cap risc. Finalment, s'analitza el desplaçament al que està sotmesa la peça. Com era d'esperar, a la zona restringida, els vectors de desplaçament no es veuen afectats, tanmateix, la zona de la peça més allunyada d'aquesta restricció és la que es veu més afectada patint així un major grau de desplaçament.

Tot i així, aquest desplaçament màxim de 1,17mm es podria considerar irrellevant de cara al bon funcionament de la suspensió.



. 39. Desplaçament de vectors del braç-suspensió. Font pròpia

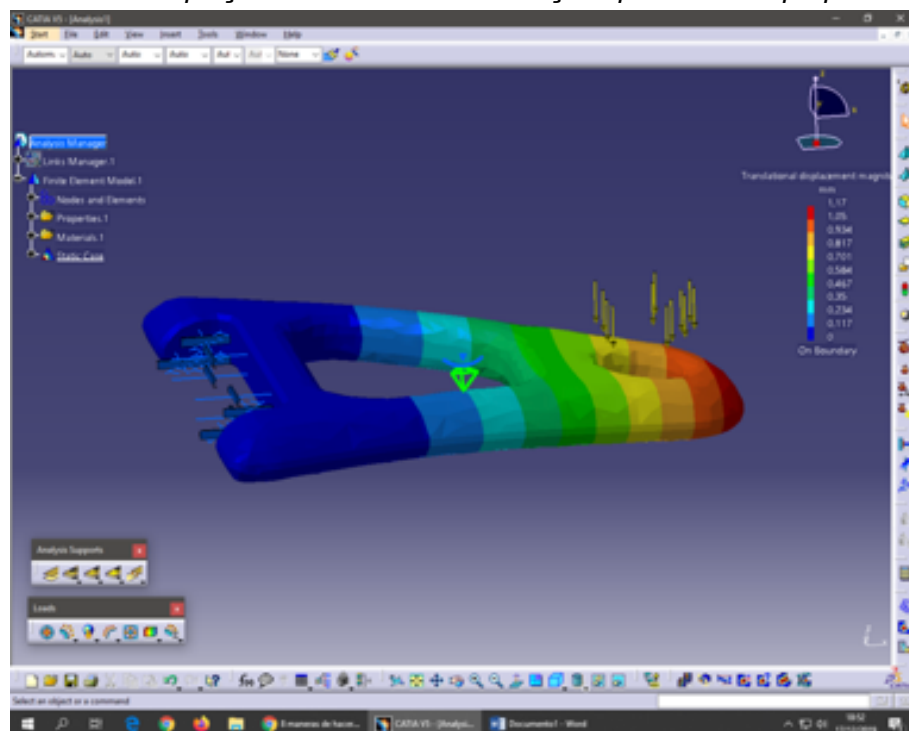


Fig. 40. Desplaçament de vectors del braç-suspensió. Font pròpia.

## 7.2 Suport-Taula

Es realitza l'anàlisi per elements finits del suport-taula. En primer lloc es defineix el seu material: fusta d'auró. En aquest cas cal definir el material com a fusta i modificar les seves propietats ja que no es un material pre-definit per CATIA:

- Densitat: 750Kg/cm<sup>3</sup>
- Resistència compressió: 540 Kg/cm<sup>2</sup>
- Resistència tracció: 1150 Kg/cm<sup>2</sup>
- Mòdul de Young: 126.000 kg/cm<sup>2</sup>

Seguidament definim la mida de node de la malla que serà de 3mm, superior al mida de node del braç, ja que la càrrega estarà distribuïda per una superfície més ampla. Tot i així amb aquesta mida de node queda ben definida la peça amb un mallat suficientment refinat per fer l'anàlisi d'esforços.

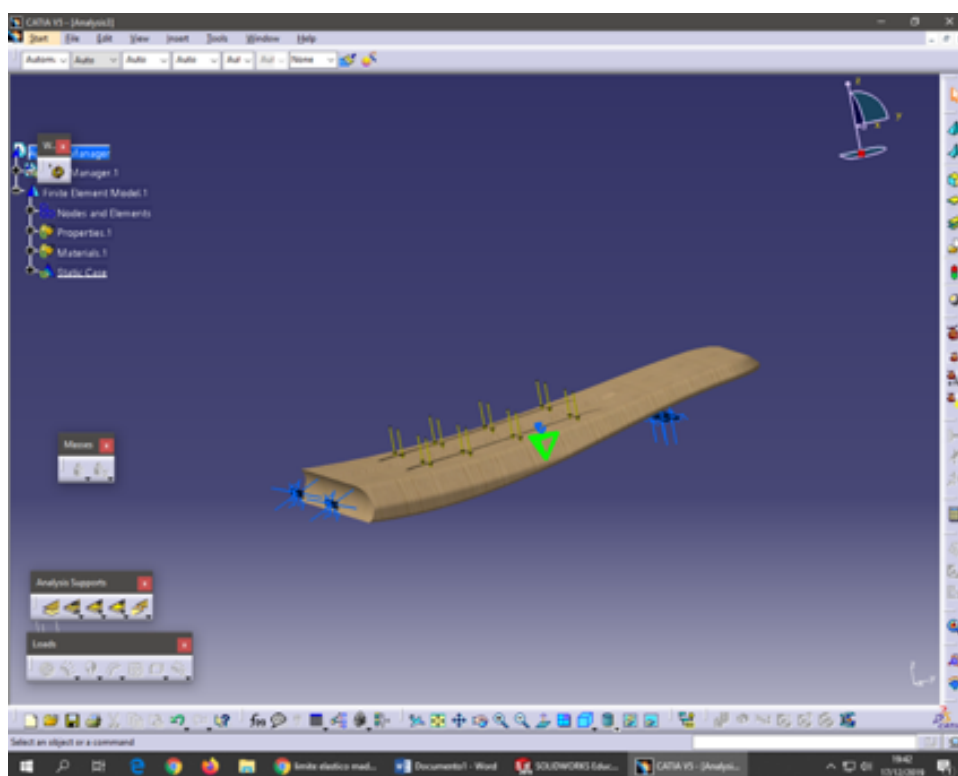
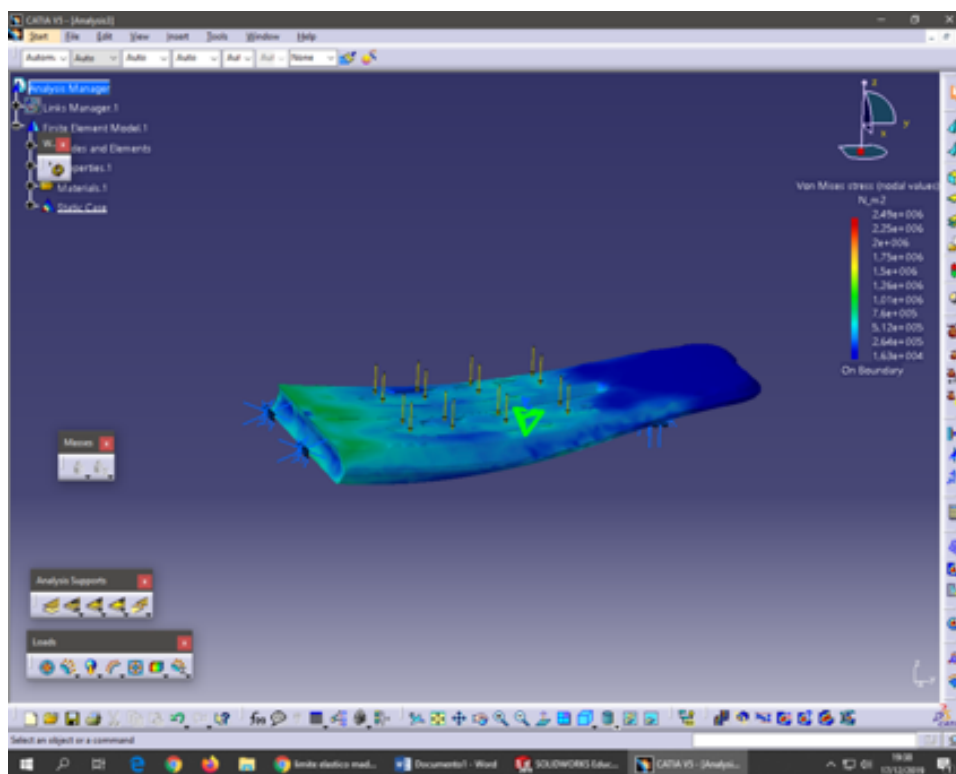


Fig. 41. Restriccions i càrrega aplicada al suport-taula. Font pròpia.





*Fig. 42. Tensions de Von Mises al suport-taula. Font pròpia.*

Al finalitzar els càlculs, es poden observar els resultats obtinguts després d'aplicar aquesta força. Les tensions de tracció i compressió més elevades (1,3MPa) apareixen, representades de color verd sobre la taula, i es situen a l'extrem esquerre on la taula està fixada amb el xassís-suport-suspensió. Així mateix, les tensions mes lleus, quedarien representades de color blau a l'extrem dret de la taula (més proper a la roda del darrera).

Després d'analitzar els resultats i sabent que el material de la peça (fusta d'auró) té una resistència a la tracció de 133Mpa, podem afirmar que el suport-taula podrà suportar perfectament el pes establert en les especificacions amb un gran marge d'error.

Finalment, s'analitza el desplaçament al que esta sotmesa la peça. Com podem veure a les Fig.43 i Fig.44., les zones fixades son las que pateixen menys desplaçament mentre que la zona central de la taula es la que pateix un desplaçament màxim de 0,738mm. Cal tenir en compte que el programa simula peces perfectes (no reals) i es possible que al aplicar una força superior existeixi el que anomenem com a "vinclament", que es produeix en peces llargues i esveltes com seria en aquest cas. Tot i així, aquest desplaçament màxim de 0,738mm és mínim, pel que es pot garantir, un cop fet l'anàlisi de tensions i de desplaçament de vectors, que el suport-taula no arribarà a la ruptura.

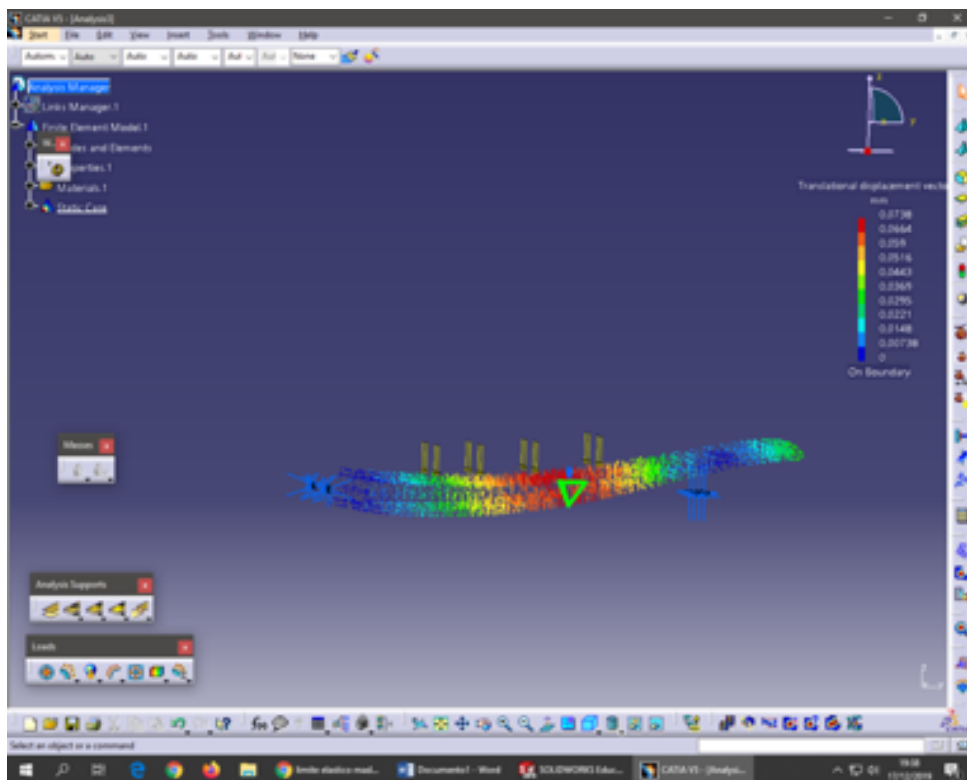


Fig. 43. Desplaçament de vectors del suport-taula. Font pròpia

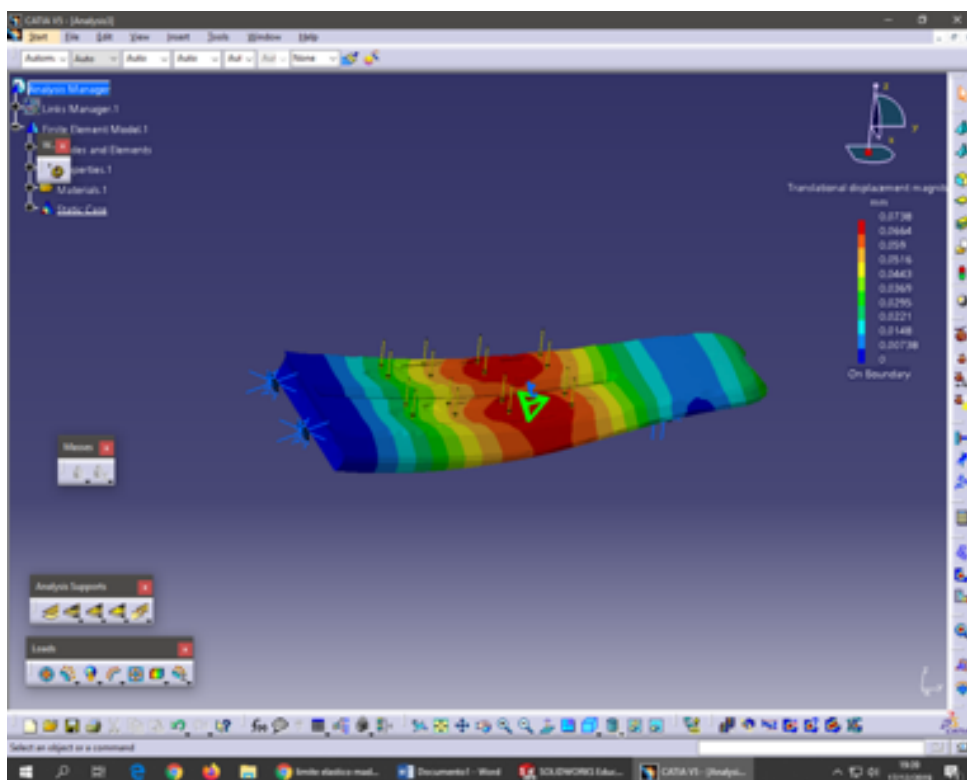


Fig. 44. Desplaçament de vectors del suport-taula. Font pròpia



## 8. Anàlisi Ambiental

En aquest apartat es pretén identificar i avaluar tots els aspectes relacionats amb el medi ambient, així com les competències que té sobre ell. L'Anàlisi Mediambiental és un punt de partida per definir polítiques i accions a dur a terme. Per això, cal tenir en compte que l'èxit de molts dels productes llençats al mercat pot dependre en gran part del grau de compromís, consens i col·laboració contra l'impacte mediambiental.

El patinet elèctric es un vehicle ideal com a mitjà de transport per a distàncies curtes i aquests resulten ser una alternativa respectuosa amb el medi ambient que redueix la nostra dependència de l'ús de vehicles de combustió. El sector de transport genera gairebé un terç de totes les emissions de gasos d'efecte hivernacle a Europa i una gran part de la contaminació relacionada amb problemes asmàtics.

Un anàlisi realitzat per *IOP Science* afirma que les emissions que inclou la fabricació, enviament, recàrrega, recollida i col·locació dels patinets de lloguer produeixen aproximadament la meitat de les emissions d'un cotxe estàndard, al voltant de 125 g/km de CO<sub>2</sub> en comparació amb els 258 g/km.

És important considerar tots els factors mediambientals rellevants, incloent els materials i l'energia necessaris per fabricar els patinets, l'impacte que té la seva recollida diària per carregar i distribuir-los, i l'electricitat utilitzada per recarregar les bateries .

Tot i així els efectes perjudicials que puguin provocar tots aquests factors són compensats per una opció de mobilitat molt més sostenible que un vehicles convencional, fet que reduiria tant les congestions de transit en les ciutats i la contaminació generada pels vehicles de combustió. Així doncs, podem concloure que l'impacte ambiental generat per aquest prototip és positiu.



*Fig. 45. Imatge entorn natural i reciclatge. Font [34]*

## 9. Pressupost Econòmic Del Projecte

En aquest apartat es fa un càlcul aproximat del cost que ha suposat realitzar aquest projecte, tenint en compte les hores invertides, els recursos utilitzats, etc.

Seguidament es presenten els costos comentats:

- Hores invertides: 300 hores a 40€/h.
- Inversió inicial (en cas que s'hagués realitzat un prototip i simulat la seva venda)
  - CNR: 35.000€.
  - Pagina web + app mòbil: 20.000€.
- Recursos utilitzats:
  - Llicència programa Shapr3D: 30€/mes.
  - Llicència programa KeyShot: 95€/any.
  - Llicència programa CATIA: 50€/mes.
  - Software Microsoft Office: 50€.

Pressupost total del projecte per al primer any: 12.000€ + 2150€ = **14.150€.**

Cal destacar que en cas d'haver generat un prototip i simulat la seva venda, s'hauria de comptabilitzar la inversió inicial:

- CNR: 35.000€
- Pagina web + app mòbil: 20.000€

Aleshores el pressupost total del projecte passaria a ser de **69.150€.**

## 10. Conclusions

Un cop acabat el projecte, es pot concloure que s'ha arribat a un resultat satisfactori, molts dels objectius establerts en les primeres fases de del treball s'han pogut complir amb molt d'èxit. Per altre banda, cal destacar que el fet de poder arribar al nivell de tecnologia i acabats de material d'aquest prototip s'allunya de la resta de patinets que estan actualment en el mercat. Tot i així, aquest allunyament es pot considerar un valor afegit i per saber si aquest valor que s'ha pressuposat es o no es positiu s'ha decidit realitzar una enquesta qualitativa per saber el grau d'acceptació que podria tenir un producte d'aquestes característiques i preu. També amb aquesta enquesta s'espera determinar a quin tipus de públic li genera mes atractiu i mes valor afegit aquesta proposta.

L'enquesta serà online a través d'un programa que facilita Google ("Formularis de Google") i s'enviarà a tot tipus de públic. Les preguntes que apareixeran seran les següents:

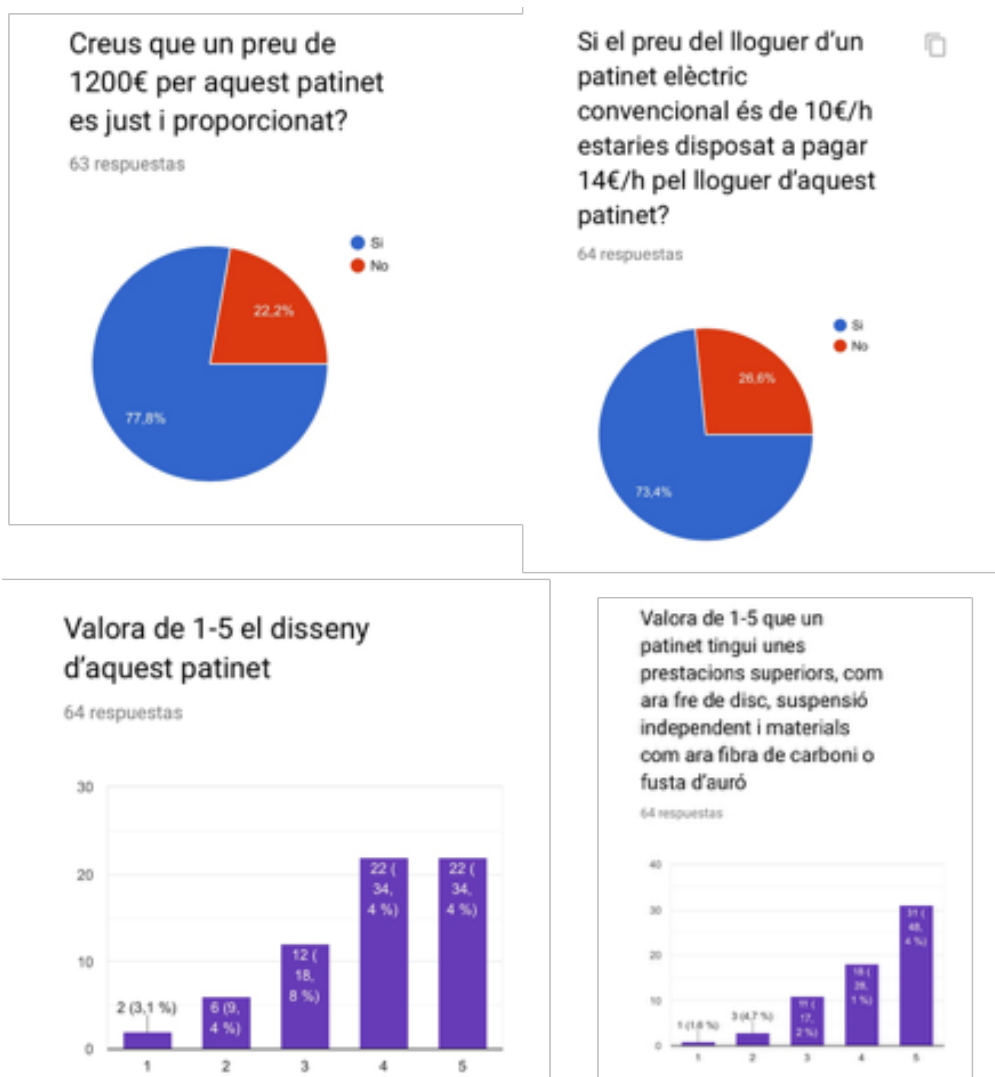


Fig. 46. Enquesta realitzada amb "Formularis Google". Font [10].

Un cop finalitzada l'enquesta, es pot concloure que s'ha pogut assolir molts dels objectius plantejats durant els inicis del projecte. S'ha aconseguit dissenyar un model atractiu; un 35% dels vots es situen a la puntuació més elevada en referència al disseny del patinet, un 40% valoren les prestacions que presenta aquest patinet i un 45% creu que un preu de 1200€ es un preu just per la venda d'aquest patinet.

Tot i així, en l'enquesta realitzada a l'inici del projecte, queda relaxat que la major part dels usuaris no estan disposats a pagar aquests 1200€ i per tant es decideix reduir aquest preu a 1000€/patinet.

Cal destacar que la última pregunta fa referència a l'alternativa de poder subministrar el producte a una segona empresa dedicada al lloguer de patinets elèctrics. Així doncs, analitzant els resultats obtinguts ( el 65% dels usuaris estarien interessats en llogar aquest patinet), seria bona idea plantejar aquesta alternativa com a projecte futur.

Per tant, aquest projecte es deixa obert per a un possible desenvolupament i millora del prototip obtingut com a treball final de màster. En un pròxim projecte es podria arribar a presentar un prototip a escala 1:1 tot i aplicant les millores corresponents ja que en aquest cas ja sigui per falta de temps o de coneixements més especialitzats, no s'ha pogut implementar en aquest primer model. Així doncs, tot i haver obtingut un resultat satisfactori del projecte, personalment queda pendent per a projectes futurs la realització del prototip 3D en escala 1:1 amb els aspectes millorables corresponents.

## 11. Agraïments

Un cop finalitzat el projecte m'agradaria agrair a totes aquelles persones que m'han donat suport i m'han ajudat a solucionar problemes que han sorgit al llarg del projecte igual que tots aquells que han afegit el seu gra de sorra aportant noves idees i ajudat en temes els quals no tenia coneixements suficient. Així doncs, agraeixo a:

- Manuel Moreno Eguílaz, Tutor del projecte, pel seu suport i implicació durant totes les etapes del treball.
- Joan Forrellad, R+D & Design Manager del Grup Jané, per l'ajuda prestada pel desenvolupament del disseny 3D del prototip i el suport constant durant tot el procés del projecte.
- Joan Martorell, President de l'empresa Gutmar S,A. i tutor de pràctiques d'empresa, per l'ajuda prestada per la realització de l'estudi de mercat i la col·laboració en l'aportació d'idees.
- Enric Solans, responsable del departament d'oficina tècnica de l'empresa Gutmar S,A, per la seva transferència de coneixements del programa CATIA per a la simulació i anàlisis d'elements finits.

## 12. Bibliografia

En aquest apartat s'adjunta una llista de totes les fonts utilitzades per a la realització de cada apartat del projecte. Cadascuna de les fonts de la llista està referenciada als llocs corresponents dins del text del treball.

- [1] WIKIPEDIA. Unitat de control electrònic. [[https://es.wikipedia.org/wiki/Centralita\\_electrónica](https://es.wikipedia.org/wiki/Centralita_electrónica) 20/12/2019]
- [2] WIKIPEDIA. IOP Publishing. [[https://en.wikipedia.org/wiki/IOP\\_Publishing](https://en.wikipedia.org/wiki/IOP_Publishing), 20/12/2019]
- [3] WIKIPEDIA. New European Driving Cycle NEDC. [[https://es.wikipedia.org/wiki/New\\_European\\_Driving\\_Cycle](https://es.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle), 20/12/2019]
- [4] MEJORPATINETEELECTRICO. Xiaomi Mijia M365. [<https://mejorpatinetelectrico.com/patinete-electrico-scooter/xiaomi-mijia-m365/>, 16/10/2019]
- [5] CECOTEC. Outsider E-Volution 8,5 Phoenix. [<https://www.cecotec.es/outsider-e-volution-8-5-phoenix> 16/10/2019]
- [6] FITFIU. Fit Fiu Fitness SKU:1120030. [<https://www.fitfiu.es/?product=patinete-electrico-3-ruedas-1000w-25kmh-bateria-samsung-48v-plegable-fitfiu>, 16/10/2019]
- [7] YASANMOTOR. Itango 3 wheel electric scooter. [<http://www.yasanmotor.com/hpd-61.html>, 16/10/2019]
- [8] FITFIU. Fit Fiu Fitness SKU:1120031. [<https://www.fitfiu.es/?product=patinete-electrico-3-ruedas-1000w-25kmh-bateria-samsung-48v-plegable-fitfiu-2>, 16/10/2019]
- [9] BMW-MOTORROAD. Bmw motorroad X2CITY. [<https://www.bmw-motorrad.es/es/experience/stories/urban-mobility/x2-city.html>, 16/10/2019]
- [10] DOCS.GOOGLE. Enquesta Formularis Google. [[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdx-Z0U9eBvH5kNAFRWHsXF4VAg72mTzV0xA0ZRzv\\_enxbu-g/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdx-Z0U9eBvH5kNAFRWHsXF4VAg72mTzV0xA0ZRzv_enxbu-g/viewform), 17/10/2019]
- [11] WORDPRESS. Característiques motor Brushless. [<https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores-brushless.pdf>, 23/10/2019]
- [12] MEEE-SERVICES. Fotografia motor Brushless vs Brushed. [<https://www.meee-services.com/what-are-bldc-motors-and-their-advantages/>, 23/10/2019]
- [13] ALIEXPRESS. Liitokala 24V bateria per scooter elèctric 24V. [<https://es.aliexpress.com/item/33005806363.html?src=google&src=google&albch=shopping&acnt=494-037-6276&isdl=y&slnk=&plac>

- [=&mtctp=&albbt=Google\\_7\\_shopping&aff\\_platform=google&aff\\_short\\_key=UneMJZVf&&albagn=888888&albcpr=7465256821&albag=81605955995&trgt=296730740870&crea=es33005806363&netw=u&device=c&gclid=CjwKCAiAxMLvBRBNEiwAKhr-nEZ13DDRe2l1rNcnt\\_PEq6QB4dkv3qJOOrur6HxzatlcvBpk2lIJghoCtvAQAvD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.google.com/shopping?hl=es&mtctp=&albbt=Google_7_shopping&aff_platform=google&aff_short_key=UneMJZVf&&albagn=888888&albcpr=7465256821&albag=81605955995&trgt=296730740870&crea=es33005806363&netw=u&device=c&gclid=CjwKCAiAxMLvBRBNEiwAKhr-nEZ13DDRe2l1rNcnt_PEq6QB4dkv3qJOOrur6HxzatlcvBpk2lIJghoCtvAQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds), 24/10/2019]
- [14] DHGATE. 10S4P 18650 bateria de ions de liti 36V. [[https://es.dhgate.com/product/oem-electric-skateboard-battery-36v-best/411174986.html?f=bm%7cGMC%7cpla%7c210433708%7c14533892428%7c411174986%7cpla-293946777986%7c103006001%7cES%7cecodream%7cc%7c2%7c&utm\\_source=pla&utm\\_medium=GMC&utm\\_campaign=ecodream&utm\\_term=411174986&gclid=Cj0KCQiArdLvBRCrARIsAGhB\\_syu3ai-CPyHyyq92Jsqv95PdDmQfUe2sYxloKhfhfHEBypo\\_-L63rWQaAqS5EALw\\_wcB](https://es.dhgate.com/product/oem-electric-skateboard-battery-36v-best/411174986.html?f=bm%7cGMC%7cpla%7c210433708%7c14533892428%7c411174986%7cpla-293946777986%7c103006001%7cES%7cecodream%7cc%7c2%7c&utm_source=pla&utm_medium=GMC&utm_campaign=ecodream&utm_term=411174986&gclid=Cj0KCQiArdLvBRCrARIsAGhB_syu3ai-CPyHyyq92Jsqv95PdDmQfUe2sYxloKhfhfHEBypo_-L63rWQaAqS5EALw_wcB)], 24/10/2019]
- [15] DHGATE. Bateria de liti recarregable 18650 13S5P 48V 13A. [[https://es.dhgate.com/product/rechargeable-18650-13s5p-lithium-battery/426212584.html?f=bm%7cGMC%7cpla%7c210433708%7c14533892428%7c426212584%7cpla-293946777986%7c103006019%7cES%7cecodream%7cc%7c2%7c&utm\\_source=pla&utm\\_medium=GMC&utm\\_campaign=ecodream&utm\\_term=426212584&gclid=Cj0KCQiAovfvBRcRARIsADEmbRK-SUgZoo0T2FHqqq9lJOv7F2Dq0GhSqAu6192NfuAwyAAnDGX9NZkaAhdP\\_EALw\\_wcB](https://es.dhgate.com/product/rechargeable-18650-13s5p-lithium-battery/426212584.html?f=bm%7cGMC%7cpla%7c210433708%7c14533892428%7c426212584%7cpla-293946777986%7c103006019%7cES%7cecodream%7cc%7c2%7c&utm_source=pla&utm_medium=GMC&utm_campaign=ecodream&utm_term=426212584&gclid=Cj0KCQiAovfvBRcRARIsADEmbRK-SUgZoo0T2FHqqq9lJOv7F2Dq0GhSqAu6192NfuAwyAAnDGX9NZkaAhdP_EALw_wcB)], 24/10/2019]
- [16] AFICIONADOSALAMECANICA. Suspensió. [<http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>], 21/11/2019]
- [17] AFICIONADOSALAMECANICA. Sistema de frens. [<http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>], 21/11/2019]
- [18] BLOG.BEXTREME. Taula skate. [<http://blog.bextreme.es/wp-content/uploads/2015/07/skate-conjunta-blanca-300x225.jpg>], 02/12/2019]
- [19] CASTOR. La fusta d'auró blanc. [<https://www.castor.es/arce.html>], 12/12/2019]
- [20] AGULLOMADERAS. Xapa de fusta. [<https://www.agullomaderas.com/b2c/1>], 12/12/2019]
- [21] BIPANDBIP. Recanvis de patinets elèctrics, esmorteïdor. [<https://www.bipandbip.com/recambios-patinetes-electricos/>], 12/12/2019]
- [22] ENSINGERPLASTICS. Proveïdor de Plàstics de altes prestacions. [<https://www.ensingerplastics.com/es-es>], 12/12/2019]
- [23] ALU-STOK. Proveïdor d'alumini per la industria. [<https://www.alu-stock.es/es/>], 12/12/2019]
- [24] LUMETALPLASTIC. Proveïdor de materials metàl·lics i plàstics. [<https://www.lumetalplastic.com>], 12/12/2019]

- [25] DGT. Classificació dels tipus de vehicles de mobilitat pròpia. [[http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/2016/Instr\\_16\\_V\\_124\\_Vehiculos\\_Movilidad\\_Personal.pdf](http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/2016/Instr_16_V_124_Vehiculos_Movilidad_Personal.pdf), 24/11/2019]
- [26] SEAT. Mobilitat urbana sostenible. [<https://www.seat.es/sobre-seat/movilidad-urbana.html>, 24/10/2019]
- [27] UUMOTOR. Motor Brushless 9.5Inch 48V 500W. [<https://www.uumotor.com/ws/p/9-5-inch-48v-500w-high-power-g geared-hub-motor/>, 24/11/2019]
- [28] AMAZON. Controlador sense escombretes 48V 500W. [<https://www.amazon.es/Controlador-escobillas-sinusoidal-bicicleta-eléctrica/dp/B07YZK8XS6>, 12/10/2019]
- [29] BRUSHLESSMOTOR. Corbes característiques motor Brushless. [<https://www.brushlessmotor.es/category/tutoriales/tutorial/page/2/>, 5/12/2019]
- [30] AUTOCASION. Gràfica cicle NEDC. [<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/que-es-el-ciclo-nedc>, 5/12/2019]
- [31] ELMEQ. Gràfica evolució de la velocitat segon la tensió. [<https://www.elmeq.es/ayuda-para-seleccionar-su-producto>, 28/11/2019]
- [32] PERSONALES.UNICAN. Diagrama de forces en pla inclinat. [[https://personales.unican.es/junquera/JavierJunquera\\_files/Fisica-1/potencia.pdf](https://personales.unican.es/junquera/JavierJunquera_files/Fisica-1/potencia.pdf), 22/12/2019]
- [33] KM77. Fotografia suspensió paral·lelogram-deformable. [<https://www.km77.com/glosario/paradefo>, 22/11/2019]
- [34] FREEPNG. Fotografia entorn natural i reciclatge. [<https://www.freepng.es/png-s5redc/>, 22/12/2019]





